



Tugas Akhir- SS 145561

**ANALISIS POTENSI PEMBANGKIT PUSAT
LISTRIK TENAGA ARUS LAUT DI SELAT
TOYAPAKEH, NUSA PENIDA, BALI DENGAN
METODE VAR (*VECTOR AUTOREGRESSIVE*)**

**CANTIK DEWI PURWATI
NRP 1314 030 084**

**Dosen Pembimbing
Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si
Mike Prastuti, S.Si, M.Si**

**DEPARTEMEN STATISTIKA BISNIS
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



Tugas Akhir - SS 145561

**ANALISIS POTENSI PEMBANGKIT PUSAT
LISTRIK TENAGA ARUS LAUT DI SELAT
TOYAPAKEH NUSA PENIDA BALI DENGAN
METODE VAR (*VECTOR AUTOREGRESSIVE*)**

CANTIK DEWI PURWATI

NRP 1314 030 084

Dosen Pembimbing

Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si

Mike Prastuti, S.Si, M.Si

DEPARTEMEN STATISTIKA BISNIS

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2017



Final Project - SS 145561

**POTENTIAL ANALYSIS OF OCEAN
CURRENT POWER PLANT AT TOYAPAKEH
STRAIT NUSA PENIDA BALI WITH VAR
(VECTOR AUTOREGRESSIVE) METHOD**

**CANTIK DEWI PURWATI
NRP 1314 030 084**

**Supervisor
Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si
Mike Prastuti, S.Si, M.Si**

**DEPARTMENT OF BUSINESS STATISTICS
FACULTY OF VOCATIONAL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS POTENSI PEMBANGKIT PUSAT LISTRIK TENAGA ARUS LAUT DI SELAT TOYAPAKEH, NUSA PENIDA, BALI DENGAN METODE VAR (VECTOR AUTOREGRESSIVE)

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya pada
Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

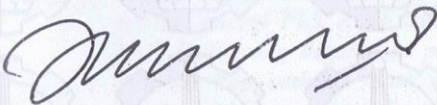
CANTIK DEWI PURWATI
NRP 1314030084

SURABAYA, JULI 2017

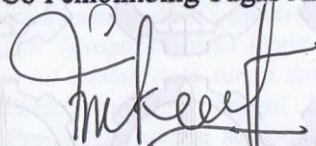
Menyetujui,

Pembimbing Tugas Akhir,

Co Pembimbing Tugas Akhir,



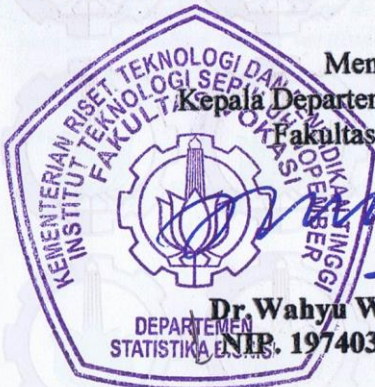
Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si
NIP. 19740328 199802 1 001



Mike Prastuti, S.Si, M.Si
NIP. 19910122 201504 2 002

Mengetahui,

Kepala Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi ITS,



Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si
NIP. 19740328 199802 1 001

**ANALISIS POTENSI PEMBANGKIT PUSAT LISTRIK
TENAGA ARUS LAUT DI SELAT TOYAPAKEH, NUSA
PENIDA, BALI DENGAN METODE VAR
(VECTOR AUTOREGRESSIVE)**

Nama : Cantik Dewi Purwati
NRP : 1314 030 084
Departemen : Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS
Pembimbing : Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si
Co Pembimbing : Mike Prastuti, S.Si, M.Si

Abstrak

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan penting bagi masyarakat di berbagai daerah tidak terlepas di pulau-pulau kecil yang belum terjangkau jaringan listrik nasional. Salah satu langkah kebijakan pemerintah untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah dengan melakukan berbagai upaya diversifikasi energi, salah satu yang cukup potensial adalah sumber energi kelautan. Selat Toyapakeh sudah dipilih menjadi salah satu lokasi untuk pembangunan pilot plant pembangkit listrik arus laut pada skala pilot dan skala komersial. Pemilihan lokasi penempatan pilot plant turbin arus laut ditetapkan melalui berbagai kajian dan dalam rangka mewujudkan Nusa Penida sebagai desa wisata energy. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan pemodelan potensi energi PLT Arus Laut di daerah selat Toyapakeh Nusa Penida, Bali. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data survei dari PPPGL Pengambilan data arus yang dilaksanakan dari tanggal 12 Agustus 2015 sampai 8 September 2015. Pemodelan potensi kecepatan arus pada selat Toyopakeh akan di analisis dengan menggunakan metode VAR (Vektor Autoregressive) dan dilakukan perhitungan peluang perputaran turbin yang akan di bangkitkan di selat toyopakeh sesuai dengan spesifikasi turbin vertical-axis hydro turbine tipe Gorlov dengan Cutting speed 0,5 m/s. dan di dapatkan lokasi potensial pada koordinat 08° 40' 25.2" LS dan 115° 29' 16.2" BT pada Jarak 19 meter dari dasar laut.

Kata Kunci : Energi, Gorlov, Selat Toyapakeh, VAR

**POTENTIAL ANALYSIS OF OCEAN CURRENT POWER
PLANT AT TOYAPAKEH STRAIT, NUSA PENIDA, BALI
WITH AUTOREGRESSIVE VECTOR METHOD**

Name : Cantik Dewi Purwati
NRP : 1314 030 084
Major : Business Statistics Faculty of Vocational-ITS
Supervisor : Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si
Co Supervisor : Mike Prastuti, S.Si, M.Si

Abstract

Electrical energy is one of the essential needs of the community in various areas is not detached in small islands that are not yet affordable electricity network nationwide. One of the Government's policy measures to meet those needs is to do a variety of energy diversification efforts, one of which is a potential source of energy is enough marine. Toyapakeh Strait already selected to be one of the locations for the construction of a pilot plant power plant ocean currents on the scale of pilot and commercial scale. The selection of pilot plant turbine placement location ocean currents are set up through a variety of studies and in the rangkah manifest the Nusa Penida as tourist village energy. The purpose of this research is to get potential energy modeling PLT ocean currents in the Strait of Toyapakeh Nusa Penida, Bali. The data used in this research was survey data from PPPGL current data retrieval is implemented from the date of August 12, 2015 until 8 September 2015. Modeling the potential speed of the current in the Strait of Toyapakeh will be on analysis using VAR (Vector Autoregresif) and performed the calculations the turbine rotation opportunities will provoke in the Strait toyopakeh in accordance with the specifications of the vertical-axis hydro turbine turbines, Gorlov type with Cutting speed 0.5 m/s and in the get the location of potential at coordinates $08^{\circ} 40' 25.2''$ LS and $115^{\circ} 29' 16.2''$ BT at a depth of 27 metres from the seabed.

Keywords: *Energy, Gorlov, the Strait Toyapakeh, VAR*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena atas berkat, rahmat, hidayah dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Potensi Pembangkit Pusat Listrik Tenaga Arus Laut di Selat Toyapakeh, Nusa Penida, Bali dengan Metode VAR (*Vector Autoregressive*)**”, yang kemudian disajikan dalam buku ini.

Dalam Proses Penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing dan Kepala departemen Statistika Bisnis yang telah membimbing, dan memberikan dukungan bagi penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Mike Prastuti, S.Si, M.Si selaku dosen Co-pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan, dan memberikan dukungan, serta kesabarannya dalam membimbing penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Brodjol Sutijo SU, M.Si selaku dosen penguji dan validator serta bu Iis Dewi Ratih, S.Si, M.Si yang telah mengarahkan dan memberikan banyak ilmunya pada perbaikan Tuga Akhir ini.
4. Seluruh dosen Jurusan Statistika ITS yang telah memberikan ilmu selama penulis menempuh pendidikan, beserta seluruh karyawan Jurusan Statistika ITS yang telah membantu kelancaran dan kemudahan dalam pelaksanaan kegiatan perkuliahan.
5. Bapak Eko Prasetyo, MT selaku Fungsional Madya di bidang Metocean BMKG Tanjung Perak Surabaya dan anggota Asosiasi Energi Laut Indonesia (ASELI) bidang Energi Gelombang Laut, yang telah membantu Penulis dalam perijinan mengolah data hasil survei PPPGL untuk Pembuatan Rancangan Desain (*Basic Design*) PLTAL di Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali dalam proyek SWK01

Kajian Hidro-Oseanografi Teluk Toyapakeh pada PLT Arus Laut.

6. Bapak Sony Junianto, S.T yang telah banyak membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, mulai dari penjelasan terkait data, istilah-istilah keteknikan yang tidak di ajarkan dalam disiplin ilmu jurusan Statistika serta memberikan banyak referensi yang berkaitan dengan Tugas akhir ini.
7. Kedua orang tua dan semua keluarga di Lamongan, Cirebon dan Surabaya atas doa, kasih sayang, dukungan, semangat dan segalanya yang telah diberikan untuk penulis sehingga dilancarkan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Seluruh Anggota RPPSN Gugus depan Surabaya 610 611 dan seluruh teman-teman Maritime Challenge yang telah menjadi teman, keluarga, penghibur, penyemangat dan tempat pendewasaan dalam bersikap.
9. Teman-teman Teknokrat Muda Indonesia yang telah menjadi wadah dan warna yang berbeda selama penulis berada dalam kampus perjuangan ini.
10. Lutfi Priambodo, Abdul Hamdan dan Abdul Olil Situmorang yang telah membantu dalam penggalian ide awal untuk Tugas akhir ini,
11. Semua pihak yang telah memberikan dukungan yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar berguna untuk perbaikan berikutnya. Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat.

Surabaya, Juli 2017

Cantik Dewi Purwati
1314030084

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Konsep Analisis <i>Time Series</i>	7
2.2 Analisis <i>Multivariat Time Series</i>	7
2.2.1 VAR (<i>Vector Autoregressive</i>)	8
2.2.2 Identifikasi Model VAR	9
2.2.3 Estimasi Parameter	12
2.2.4 Pemeriksaan Diagnostik Model VAR	12
2.2.5 Pemilihan Model Terbaik	14
2.3 Distribusi Peluang Kontinu	15
2.4 Kondisi Geografis Lokasi Penelitian.....	17
2.5 Teknologi PLTAL di Indonesia	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Sumber Data	23
3.2 Variabel Penelitian	23
3.3 Struktur Data	24
3.4 Langkah Analisis	24

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1	Karakteristik Kecepatan Arus di Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali	29
4.1.1	Kondisi Arus pada Lokasi 1 ($08^{\circ} 40' 29.6''$ LS dan $115^{\circ} 30' 53.6''$ BT)	29
4.1.2	Kondisi Arus pada Lokasi 2 ($08^{\circ} 40' 25.2''$ LS dan $115^{\circ} 29' 16.2''$ BT)	32
4.2	Peluang Pembangkitan Turbin Tipe <i>Gorlov</i> pada Perairan Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali	37
4.2.1	Analisis Pola Distribusi Kecepatan Arus pada pada Masing-Masing Jarak di Setiap Lokasi ..	37
4.2.2	Peluang Pembangkitan Data Kecepatan Arus dengan Menggunakan Distribusi <i>Weibull</i>	40
4.3	Pemodelan Kecepatan Arus di Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali	43
4.3.1	Statistika Deskriptif pada Lokasi Potensial	44
4.3.2	Pemodelan Data Kecepatan Arus Secara <i>Multivariate</i> menggunakan VAR (<i>Vector Autoregressive</i>)	47
4.3.2.1	Identifikasi Orde Model VAR (<i>Vector Autoregressive</i>)	47
4.3.2.2	Estimasi Parameter yang dihasilkan Model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0)	50
4.3.2.3	Pengujian Asumsi <i>White Noise</i> dan Distribusi Normal <i>Multivariate</i> pada <i>Residual</i> Model	53
4.3.2.4	Peramalan Kecepatan Arus Menggunakan Data <i>Out Sample</i> Model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0]. 5	4
4.3.2.5	Peramalan Kecepatan Arus Selat Toyapakeh Menggunakan Model VAR ([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0]	56

BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	61
BIODATA PENULIS	82

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Struktur Data Penelitian.....	24
Tabel 4.1 Peluang Perputaran Turbin pada Lokasi 1	41
Tabel 4.2 Peluang Perputaran Turbin pada Lokasi 2	42
Tabel 4.3 Karakteristik Data pada Lokasi Potensial	44
Tabel 4.4 Rata-Rata Kecepatan Arus per Hari pada Lokasi 1 dan Lokasi 2.....	45
Tabel 4.5 Nilai AIC VAR ([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0) ..	49
Tabel 4.6 Estimasi Parameter Model setelah di <i>Restrict</i>	51
Tabel 4.7 Nilai AIC dari Model Residual VAR(1).....	53
Tabel 4.8 Nilai RMSE Hasil Model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11,24],1,0).....	56
Tabel 4.9 Hasil Peramalan Lokasi 1 Model VAR([1,2,3,4,5,6, 7,8,9,10,11,24],1,0).....	56
Tabel 4.10 Hasil Peramalan Lokasi 2 Model VAR([1,2,3,4,5,6, 7,8,9,10,11,24],1,0).....	58

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Contoh <i>Plot</i> MCCF Tiga Data <i>Time Series</i>	10
Gambar 2.2 Contoh <i>Plot</i> MPCCF Tiga Data <i>Time Series</i>	11
Gambar 2.3 Penampang melintang Lokasi Penelitian Selat Toyapakeh Nusa Penida, Bali	17
Gambar 2.4 Penampang membujur Lokasi Penelitian Selat Toya-pakeh Nusa Penida, Bal	18
Gambar 2.5 Skema Turbin	19
Gambar 2.6 Turbin <i>Gorlov</i> Tampak Depan	20
Gambar 2.7 Turbin <i>Gorlov</i> Tampak Samping	20
Gambar 2.8 <i>Generator</i>	21
Gambar 2.9 Permanen <i>Magnetic Generator</i>	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	26
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)	27
Gambar 4.1 Karakteristik Data pada Lokasi 1 Jarak Kurang dari 10 meter dari dasar laut yaitu Jarak: (a) 3 m, (b) 5 m, (c) 7 m, dan (d) 9 m	30
Gambar 4.2 Karakteristik Kecepatan Arus pada Lokasi 1 Jarak 10-24 meter dari dasar laut yaitu Jarak: (a) 11 m (b) 13 m (c) 15 m (d) 17 m (e) 19 m (f) 21 m	31
Gambar 4.3 Karakteristik Kecepatan Arus pada Lokasi 2 Jarak Kurang dari 10 meter dari Dasar Laut, yaitu Jarak: (a) 3 m, (b) 5 m, (c) 7 m, (d) 9 m	33
Gambar 4.4 Karakteristik Kecepatan Arus pada Lokasi 2 dengan Jarak 10-20 meter dari Dasar Laut, yaitu Jarak: (a) 11 m, (b) 13 m, (c) 15 m, (d) 17 m, dan (e) 19 m	34
Gambar 4.5 Karakteristik Kecepatan Arus pada Lokasi 2 dengan Jarak lebih dari 20 meter dari Dasar Laut, yaitu Jarak: (a) 21 m, (b) 23 m, (c) 25 m, (d) 27 m, (e) 29 m, dan (f) 31 m	36
Gambar 4.6 Histogram data Kecepatan Arus pada jarak 3 meter dari Dasar Laut di Lokasi 1	38

Gambar 4.7	Sebaran Data Aktual Kecepatan Arus di Jarak 3 meter dari Dasar Laut di Lokasi 1 dengan Grafik Berdistribusi <i>Weibull</i>	39
Gambar 4.8	Histogram Data Aktual Kecepatan Arus pada Jarak 3 meter dari Dasar Laut di Lokasi 2	39
Gambar 4.9	Sebaran Data Aktual Kecepatan Arus pada Jarak 3 meter dari Dasar Laut di Lokasi 2 dengan Grafik Berdistribusi <i>Weibull</i>	40
Gambar 4.10	Jarak yang Terpilih pada Lokasi 1	42
Gambar 4.11	Jarak yang terpilih pada Lokasi 2	43
Gambar 4.12	(a) Plot Kecepatan Arus Lokasi 1 (b) Plot Kecepatan Arus Lokasi 2	44
Gambar 4.13	<i>Boxplot</i> Kecepatan Arus Lokasi 1 per Hari	46
Gambar 4.14	<i>Boxplot</i> Kecepatan Arus Lokasi 2 per Hari	46
Gambar 4.15	Representasi Skematik MCCF data Kecepatan arus sebelum <i>diffrencing</i>	48
Gambar 4.16	Representasi Skematik MCCF data Kecepatan arus setelah <i>diffrencing</i>	48
Gambar 4.17	Representasi Skematik MPCCF data Kecepatan arus setelah <i>diffrencing</i>	49
Gambar 4.18	<i>Q-Q Plot</i>	54
Gambar 4.19	Plot <i>Time Series</i> Hasil Ramalan Kecepatan Arus Selat Toyapakeh di Lokasi 1	55
Gambar 4.20	Plot <i>Time Series</i> Hasil Ramalan Kecepatan Arus Selat Toyapakeh di Lokasi 2	55
Gambar 4.21	<i>Time Series Plot</i> Hasil Peramalan Lokasi 1 Model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0)	57
Gambar 4.22	<i>Time Series Plot</i> Hasil Peramalan Lokasi 2 Model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0)	59

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Kecepatan Arus Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali.....	61
Lampiran 2. <i>Histogram</i> pola arus pada Lokasi 1	63
Lampiran 3. Perbandingan Sebaran Data Aktual Kecepatan Arus di Masing-Masing Jarak di Lokasi 1 dengan Grafik Berdistribusi <i>Weibull</i>	64
Lampiran 4. Histogram Sebaran Data Kecepatan Arus di Masing-Masing Jarak di Lokasi 2.....	65
Lampiran 5. Perbandingan Sebaran Data Aktual Kecepatan Arus di Masing-Masing Jarak di Lokasi 2 dengan Grafik Berdistribusi <i>Weibull</i>	68
Lampiran 6. <i>Syntax</i> Awal Data Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali	71
Lampiran 7. <i>Output Syntax</i> Awal Data Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali.....	72
Lampiran 8. <i>Syntax Diffrencing</i> Data Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali.....	73
Lampiran 9. <i>Output Syntax Diffrencing</i> Data Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali	74
Lampiran 10. <i>Syntax Model VAR</i> ([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0) Data Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali ...	75
Lampiran 11. <i>Syntax Restrict</i> dari Model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0) Data Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali.....	76
Lampiran 12. <i>Output Model Parameter Estimates</i> dari Model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0) Data Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali.....	77
Lampiran 13. <i>Output Model Parameter Estimates</i> dari Model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0) setelah di <i>Restrict</i> Data Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali	78

Lampiran 14.	<i>Syntax</i> dari Model VAR(1) untuk Residual Data Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali.....	79
Lampiran 15.	<i>Output Syntax</i> dari Model VAR(1) Residual Data Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali.....	80
Lampiran 16.	<i>Forecast Output Syntax</i> dari Model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0) setelah di <i>Restrict</i> Data Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali.....	81

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan penting bagi masyarakat, terutama di wilayah sekitar pulau-pulau kecil yang tidak mampu terjangkau jaringan listrik nasional. Energi mempunyai peranan penting dalam pencapaian tujuan sosial, ekonomi, dan lingkungan untuk pembangunan berkelanjutan, serta merupakan pendukung bagi kegiatan ekonomi nasional. Penggunaan energi di Indonesia meningkat pesat sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dan pertambahan penduduk. Sedangkan, akses ke energi yang handal dan terjangkau merupakan prasyarat utama untuk meningkatkan standar hidup masyarakat

Upaya untuk memenuhi semua pasokan energi dan membebaskan Indonesia dari krisis energi dimana pada tahun 2005, dilaporkan telah terjadi krisis energi, yaitu defisit listrik di Sumatera dan Jawa lebih dari 75 MW, Sulawesi sekitar 24 MW, dan wilayah lainnya di bawah 10 MW (DESDM, 2005). Sampai tahun 2009, sebagian besar kebutuhan tenaga listrik di Indonesia masih dipasok dari pembangkit listrik berbahan bakar fosil. Minyak Bumi masih menduduki peringkat tertinggi, yaitu 51,66%; gas alam menduduki tingkat kedua, yakni 28,57%; sisanya dipasok dari energi minyak sebesar 15,34% dan energi terbarukan 4,43% (Yuningsih, 2010). Ketergantungan terhadap konsumsi energi berbahan bakar fosil dan belum termanfaatkannya sumber energi baru terbarukan merupakan salah satu kelemahan dalam menerapkan pemerataan kebijakan energi. Langkah yang dilakukan pemerintah untuk mengantisipasi kelangkaan/krisis energi di Indonesia adalah dengan mengeluarkan berbagai peraturan dan kebijakan, antara lain melalui Peraturan Pemerintah No. 3/2005, dan Peraturan Presiden No. 5/2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, Cetak Biru Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025, Kebijakan Strategis Nasional sustainability energi melalui penciptaan dan pemanfaatan sumber energi terbarukan.

Sebagai negara kepulauan yang besar, laut Indonesia menyediakan sumber energi yang melimpah. Sumber energi itu meliputi sumber energi yang terbarukan dan tidak terbarukan. Karena lingkungan tektoniknya yang spesifik, Indonesia memerlukan perhatian khusus dalam mengkaji kapasitas data kelautannya. Untuk wilayah laut Indonesia, salah satu potensi energi yang cukup prospek adalah energi kinetik dari arus laut. Posisi Indonesia yang strategis dipengaruhi oleh Arus Lintas Indonesia (ARLINDO) yang terjadi karena adanya perbedaan elevasi muka air laut rerata di Samudera Pasifik sebelah barat dengan Samudera Hindia. Ketinggian permukaan laut di bagian barat Samudera Pasifik ke Samudera Hindia (Wyrski, 1961).

Studi, riset, pengembangan dan pemetaan potensi energi laut telah secara parsial dilaksanakan oleh berbagai lembaga litbang dan swasta nasional sejak tahun 2000an, sehingga perlu suatu langkah sinergi untuk membuktikan bahwa energi laut dapat diandalkan dalam mendukung ketahanan energi nasional. Selat Toyapakeh merupakan bagian dari Selat Lombok juga dikenal sebagai kawasan transisi energi gelombang Kelvin dari Samudra Hindia yang memasuki perairan kepulauan Indonesia. Dalam setahun terakhir, Pembangunan Desa Wisata Energi Nusa Penida dikembangkan dari konsep desa mandiri energi yang merupakan salah satu komitmen dan kepedulian Departemen ESDM dalam mengembangkan penggunaan berbagai energi terbarukan (*renewable energy*) dan sekaligus ikut mengembangkan kawasan Nusa Penida untuk *eco-Tourism*. Para pengunjung pulau dapat mempelajari pemanfaatan energi terbarukan dari berbagai jenis seperti energi bayu, matahari, buah jarak pagar, pemanfaatan bio gas dan penyediaan air bersih untuk rakyat serta berbagai aplikasi langsung berbasis penggunaan energi terbarukan yang dapat membantu meringankan kehidupan masyarakat dan menjadikannya sebagai penggerak roda ekonomi masyarakat dikawasan tersebut.

Desa wisata energi Pulau Nusa Penida dilengkapi dengan 4 unit PTLB dengan masing-masing kapasitas sebesar 80 KW, 1 unit

PLTS terpusat dengan data sebesar 30 KW, 250 unit SHS dengan data masing-masing 50 wattpeak, dan pengembangan energi baru untuk 3 unit pengering surya, 13 unit biogas, 2 unit sistem osmosis tenaga surya, dan 2 unit wartel tenaga surya disamping dukungan dari PLN, ternyata saat ini hampir seluruh pembangkit listrik terpulihkan ini telah berhenti beroperasi karena mengalami kerusakan. Dari beberapa penelitian pusat listrik dari tenaga terbarukan tersebut hanya berakhir pada skala penelitian dan belum mampu dikembangkan dalam skala energi yang mampu dimanfaatkan masyarakat.

Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali sudah dipilih menjadi salah satu lokasi untuk pembangunan *pilot plant* pembangkit listrik arus laut pada skala pilot dan skala komersial. Pemilihan lokasi penempatan *pilot plant* turbin arus laut ditetapkan melalui berbagai kajian dan pertimbangan teknik mengenai fenomena dan karakter massa air laut, morfologi dasar perairan, morfologi pantai untuk penempatan kabel transmisi dan tata ruang penyangganya. Agar rencana pembangunan *pilot plant* tenaga arus laut di kawasan Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali tidak hanya berakhir dalam skala penelitian dan mampu mencapai tujuan untuk pembangunan PLT arus laut pada skala pilot dan skala komersial maka perlu dilakukan analisis mengenai prediksi kecepatan arus laut di selat Toyapakeh Nusa Penida, Bali dengan menggunakan metode VAR (*Verctor Autoregressive*)

Salah satu pemodelan statistik *time series* yang bersifat *Multivariat* adalah Model *Vector Autoregressive* (VAR), VAR merupakan suatu sistem persamaan dinamis dimana pendugaan suatu variabel pada periode tertentu tergantung pada pergerakan variabel tersebut dan variabel-variabel lain yang terlibat dalam sistem pada periode-periode sebelumnya (Wei, 2006). Sehingga jelas kaitannya bahwa prediksi kecepatan arus pada selat Toyapakeh Nusa Penida, Bali yang di ukur di beberapa titik dengan jarak yang berbeda dalam satu aliran arus maka kecepatan pada masing-masing titik saling berhubungan. Untuk Peman-faatan potensi, harus dilakukan kajian terhadap perancangan prototipe

turbin yang sesuai dengan karakteristik arus laut di perairan selat Toyapakeh. Untuk mewujudkan pemanfaatan potensi energi arus laut yang begitu besar diperlukan turbin yang dapat bekerja dengan efektif dan optimal dengan teknologi yang sesuai untuk karakteristik arus laut di selat Toyapakeh sehingga perlu dilakukan perhitungan peluang perputaran turbin, dimana turbin yang digunakan adalah *Gorlov turbine* dengan *cutting speed* 0.5 m/s.

1.2 Rumusan Masalah

Agar rencana pembangunan *pilot plant* tenaga arus laut di kawasan Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali tidak hanya berakhir dalam skala penelitian, serta mampu mencapai tujuan untuk pembangunan PLT arus laut pada skala pilot dan skala komersial, maka perlu dipersiapkan informasi-informasi yang mendukung di bangkitkannya PLTAL di selat Toyapakeh Nusa Penida Bali. Informasi yang perlu di perhitungkan dalam pembangkitan PLTAL salah satunya adalah informasi terkait potensi kecepatan arus laut pada lokasi potensial di selat Toyapakeh Nusa Penida Bali, sehingga pada penelitian ini dilakukan pemodelan kecepatan arus pada lokasi potensial pada selat Toyapakeh Nusa Penida Bali dengan menggunakan metode VAR (*Vector Autoregressive*).

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah memperoleh model peramalan pada lokasi potensial untuk kecepatan arus yang melalui selat Toyapakeh Nusa Penida Bali dalam peluang pembangkitan Pusat Listrik Tenaga Arus Laut dengan menggunakan metode VAR (*Vector Autoregressive*).

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah data yang dianalisis untuk memprediksi kecepatan arus di peroleh dari Arus hasil survey oleh PPPGL selama bulan Agustus 2015. Karak-

teristik pola perairan di Selat Toyapakeh Nusa Penida, Bali hanya data pasang surut air laut tanpa mempertimbangkan terjadinya sedimentasi/pendangkalan yang terjadi pada selat. Tipe turbin yang diprediksi peluang perputarannya adalah *Gorlov turbine* yang memiliki diameter putar 1 m dan tinggi bilah 1,2 m yang diteliti oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Teknologi. Pemodelan spasial yang ada dalam model di dekati dengan metode VAR dengan asumsi kecepatan arus tiap lokasi pengamatan terhitung satu variabel jadi dalam penelitian ini hanya memiliki 2 variabel penelitian.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran kondisi potensial yang ditunjukkan pada selat Toya-pakeh Nusa Penida, Bali dalam Pembangunan *Pilot plant* Energi Arus Laut dengan mempelajari kondisi lingkungan laut meliputi distribusi kecepatan arus, gelombang dan angin dalam rencana pembangunan *pilot plant* tenaga arus laut di kawasan pesisir Selat Toyopakeh Nusa Penida, Bali. Penelitian ini diarahkan untuk dapat mendukung rencana pemerintah pada pembangunan *pilot plant* energi arus laut skala menengah (100 kW - 1 MW).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Analisis *Time Series*

Analisis *Time Series* diperkenalkan oleh George Box dan Gwilym Jenkins pada tahun 1976. *Time Series* merupakan serangkaian data observasi yang terjadi berdasarkan indeks waktu secara berurutan dengan interval waktu yang tetap. Banyak data yang berhubungan dengan *time series*. *time series* diterapkan dalam berbagai bidang, seperti bidang ekonomi, bisnis, teknik ilmu-ilmu alam dan ilmu-ilmu sosial (Box, Jenkins & Reinsel, 2008).

Analisis *time series* adalah salah satu prosedur statistika yang diterapkan untuk meramalkan struktur probabilitas keadaan yang terjadi dimasa yang akan datang dalam rangka pengambilan keputusan. Pengembangan analisis *time series* yang mempunyai lebih dari satu variabel dinamakan analisis *multivariate time series* yang memodelkan dan menjelaskan interaksi serta pergerakan diantara variabel *time series*. Model analisis *multivariate* yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah VAR (*Vector Autoregressive*).

2.2 Analisis *Multivariate Time Series*

Analisis *time series* adalah salah satu metode peramalan secara matematis dengan menggunakan waktu sebagai acuan, kemudian membuat prediksi dengan menggunakan ekstrapolasi berdasarkan waktu untuk pola-pola tersebut. Beberapa kasus penelitian yang telah berkembang memerlukan suatu analisis *time series* yang mempertimbangkan berbagai *time series* secara simultan, analisis ini disebut dengan analisis *multivariate time series* (Tsay, 2014). Identifikasi dilakukan berdasarkan pola atau matriks fungsi korelasi silang (MCCF) dan matriks fungsi parsial korelasi silang (MPCCF) setelah data stasioner (Wei, 2006). Dalam pemodelan *multivariate time series*, kestasioneran data dalam *mean* secara visual dapat terlihat melalui plot MCCF. Plot

MCCF yang turun secara lambat mengindikasikan bahwa data belum stasioner dalam mean. Oleh karena itu, untuk menstasionerkan data perlu dilakukan proses *differencing* data

2.2.1 VAR (Vector Autoregressive)

Model VAR sebenarnya merupakan gabungan dari beberapa model AR (*Autoregressive*), dimana model-model ini membentuk sebuah vektor yang antara variabel-variabelnya saling mempengaruhi (Box, 1994). Model VAR(1) adalah model VAR berorde 1, artinya variabel bebas dari model tersebut hanyalah satu nilai lag dari variabel tak bebasnya. Sebuah *multivariate time series* dikatakan sebuah model VAR proses dari orde 1 jika mengikuti persamaan berikut (Tsay, 2014).

$$\mathbf{Y}_t = \Phi_0 + \Phi \mathbf{Y}_{t-1} + \mathbf{a}_t, \quad (2.1)$$

dengan:

Φ_0 = Vektor konstanta berukuran $m \times 1$

Φ = Vektor koefisien berukuran $m \times m$

\mathbf{a}_t = Vektor $m \times 1$ dari residual pada waktu ke- t

\mathbf{Y}_t = Vektor $m \times 1$ dari variabel pada waktu ke- t

\mathbf{Y}_{t-1} = Vektor $m \times 1$ dari variabel pada waktu ke- $t - 1$

Model VAR(1) untuk data *time series* dengan 3 variabel dapat ditulis dalam bentuk matriks seperti berikut.

$$\begin{bmatrix} Y_{1t} \\ Y_{2t} \\ Y_{3t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Phi_{10} \\ \Phi_{20} \\ \Phi_{30} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Phi_{11} & \Phi_{12} & \Phi_{13} \\ \Phi_{21} & \Phi_{22} & \Phi_{23} \\ \Phi_{31} & \Phi_{32} & \Phi_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{1t-1} \\ Y_{2t-1} \\ Y_{3t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{1t} \\ a_{2t} \\ a_{3t} \end{bmatrix},$$

dengan

$$\mathbf{Y}_t = \begin{bmatrix} Y_{1t} \\ Y_{2t} \\ Y_{3t} \end{bmatrix}; \Phi = \begin{bmatrix} \Phi_{11} & \Phi_{12} & \Phi_{13} \\ \Phi_{21} & \Phi_{22} & \Phi_{23} \\ \Phi_{31} & \Phi_{32} & \Phi_{33} \end{bmatrix}; \mathbf{Y}_{t-1} = \begin{bmatrix} Y_{1t-1} \\ Y_{2t-1} \\ Y_{3t-1} \end{bmatrix}; \mathbf{a}_t = \begin{bmatrix} a_{1t} \\ a_{2t} \\ a_{3t} \end{bmatrix},$$

Persamaan model VAR dengan orde p atau VAR(p) dapat ditulis sebagai berikut (Tsay, 2014).

$$\mathbf{Y}_t = \Phi_0 + \Phi_1 \mathbf{Y}_{t-1} + \dots + \Phi_p \mathbf{Y}_{t-p} + \mathbf{a}_t \quad p > 0, \quad (2.2)$$

dengan:

Φ_p = Matriks $m \times m$ dari parameter ke- p

\mathbf{Y}_{t-p} = Vektor $m \times 1$ dari variabel pada waktu ke- $(t - p)$

Persamaan (2.2) dapat dituliskan dalam bentuk matriks sebagai berikut.

$$\begin{bmatrix} Y_{1t} \\ Y_{2t} \\ \vdots \\ Y_{mt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Phi_{10} \\ \Phi_{20} \\ \vdots \\ \Phi_{m0} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Phi_{11}^1 & \Phi_{12}^1 & \dots & \Phi_{1m}^1 \\ \Phi_{21}^1 & \Phi_{22}^1 & \dots & \Phi_{2m}^1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Phi_{m1}^1 & \Phi_{m2}^1 & \dots & \Phi_{mm}^1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{1t-1} \\ Y_{2t-1} \\ \vdots \\ Y_{mt-1} \end{bmatrix} \\ + \begin{bmatrix} \Phi_{11}^p & \Phi_{12}^p & \dots & \Phi_{1m}^p \\ \Phi_{21}^p & \Phi_{22}^p & \dots & \Phi_{2m}^p \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Phi_{m1}^p & \Phi_{m2}^p & \dots & \Phi_{mm}^p \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{1t-1} \\ Y_{2t-1} \\ \vdots \\ Y_{mt-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{1t} \\ a_{2t} \\ \vdots \\ a_{mt} \end{bmatrix}$$

dengan operator *back-shift* B , Persamaan (2.2) dapat ditulis dengan Persamaan (2.3)

$$(I - \Phi_1 B^1 - \dots - \Phi_p B^p) Y_t = \Phi_0 + a_t. \quad (2.3)$$

Nilai I adalah matriks identitas dengan ukuran $m \times m$ dimana m adalah banyak *series*. Ada dua asumsi penting yang harus diperhatikan dari data *time series* agar bisa dibentuk menjadi model VAR, yaitu stasioneritas, normalitas, dan *error* yang saling bebas.

2.2.2 Identifikasi Model VAR

Model VAR merupakan bentuk model *multivariate time series* yang mempunyai teknik identifikasi model yang hampir sama dengan identifikasi model *time series* yang *univariate*. Identifikasi model VAR dilakukan dengan visualisasi pola dari MCCF (*matrix cross correlation function*) dan MPCCF (*matrix partial cross correlation function*). Identifikasi MCCF dan MPCCF dilakukan setelah data sudah stationer.

a. MCCF (*matrix cross correlation function*)

Pada *multivariate time series* identifikasi dilakukan menggunakan MCCF. Pada *series* $\{Y_{i,t}\}$ dengan $i = 1, 2, \dots, m$ dan $t = 1, 2, \dots, T$ dimana m menunjukkan banyak *series* dan T menunjukkan banyak observasi pada setiap *series*. Persamaan matriks korelasi silang sampel MCCF dapat dituliskan seperti berikut (Wei, 2006).

$$\hat{\rho}(k) = [\hat{\rho}_{ij}(k)], \quad (2.4)$$

dengan $\hat{\rho}_{ij}(k)$ adalah persamaan matriks korelasi silang sampel untuk komponen *series* ke-*i* dan ke-*j* pada lag ke-*k* yang dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$\hat{\rho}_{ij}(k) = \frac{\sum_{t=1}^{T-k} (Y_{i,t} - \bar{Y}_i)(Y_{j,t+k} - \bar{Y}_j)}{\left[\sum_{t=1}^T (Y_{i,t} - \bar{Y}_i)^2 \sum_{t=1}^T (Y_{j,t} - \bar{Y}_j)^2 \right]^{1/2}}. \quad (2.5)$$

Persamaan (2.7) simbol \bar{Y}_i dan \bar{Y}_j menunjukkan rata-rata sampel dari komponen *series* yang bersesuaian untuk vektor proses yang stasioner. $\hat{\rho}_{ij}(k)$ adalah estimator yang berdistribusi normal asimtotik (Hannan, 1970). Persamaan matriks korelasi silang sampel ini digunakan untuk menentukan orde dalam model *moving average* (MA). Bentuk matriks dan grafik akan semakin kompleks seiring dengan meningkatnya dimensi vektor. Untuk mengatasinya, Tiao dan Box (1981) dalam Wei (2006) memperkenalkan sebuah metode yang sesuai untuk meringkas penjelasan korelasi silang sampel, yaitu:

1. Symbol (+) diartikan sebagai $\hat{\rho}_{ij}(k)$ lebih besar dari 2 kali estimasi standar *error* dan menunjukkan adanya hubungan korelasi positif
2. (-) menotasikan nilai yang kurang dari -2 kali estimasi standar *error* atau adanya hubungan korelasi negatif
3. (.) menotasikan nilai yang berada di antara ± 2 kali estimasi standar *error* yang artinya tidak terdapat hubungan korelasi

Ilustrasi nilai MCCF dari tiga data *time series* dengan batas ± 2 kali estimasi standar *error*, dinotasikan dalam bentuk symbol seperti pada Gambar 2.1.

Variable/ Lag	0	1	2	3	4	5	6
y1		+.	+.	+.	+.	+.	+.
y2		+.	+.	+.	+.	+.	+.
y3		+.	+.	+.	+.	+.	+.

Gambar 2.1 Contoh *Plot* MCCF dengan Tiga Data *Time Series*

Data *time series* dikatakan sudah stasioner apabila plot MCCF jarang menampilkan tanda (+) dan (-) dan sebagian besar simbol yang mendominasi adalah (.).

b. MPCCF (*matrix partial cross correlation function*)

Generalisasi dari konsep PACF kedalam bentuk vektor *time series* dilakukan oleh Tiao dan Box (1981) dalam Wei (2006), yang mendefinisikan matriks autoregresi parsial pada lag k dengan notasi $P(k)$. Bentuk $P(k)$ sama dengan $\Phi_{k,k}$ dalam regresi *multivariate*, sehingga persamaan untuk matriks autoregresi parsial dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut (Wei, 2006). untuk $k \geq 2$, maka nilai $\mathbf{A}(k)$, $\mathbf{b}(k)$, dan $\mathbf{c}(k)$ adalah sebagai berikut.

$$\mathbf{A}(k) = \begin{bmatrix} \Gamma(0) & \Gamma(1) & \dots & \Gamma'(k-2) \\ \Gamma(1) & \Gamma(0) & \dots & \Gamma'(k-3) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Gamma(k-2) & \Gamma(k-3) & \dots & \Gamma(0) \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

$$\mathbf{b}(k) = \begin{bmatrix} \Gamma'(k-1) \\ \Gamma'(k-2) \\ \vdots \\ \Gamma'(1) \end{bmatrix}; \mathbf{c}(k) = \begin{bmatrix} \Gamma(1) \\ \Gamma(2) \\ \vdots \\ \Gamma(k-1) \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

seperti pada persamaan autokorelasi parsial pada data *univariate*, Persamaan $p(k)$ juga memiliki *cut-off* untuk VAR. Tiao dan Box (1981) dalam Wei (2006) juga mendefinisikan nilai MPCCF dengan menotasikan nilai-nilai MPCCF dalam bentuk symbol (+), (-), dan (.). Tanda (+) untuk nilai lebih besar dari $2\sqrt{n}$, tanda (-) untuk nilai kurang dari $-2\sqrt{n}$ dan tanda (.) untuk nilai yang berada diantara $-2\sqrt{n}$ dan $2\sqrt{n}$. Berikut ilustrasi nilai MPCCF dari tiga data *time series*, dinotasikan dalam bentuk symbol seperti pada Gambar 2.2

Variable/ Lag	1	2	3	4	5	6
y1	+
y2	.	+-
y3	++

Gambar 2.2 Contoh Plot MPCCF dengan Tiga Data *Time Series*

2.2.3 Estimasi Parameter

Setelah model dugaan dari data *time series* di peroleh, langkah selanjutnya adalah mengestimasi nilai parameter-parameter pada model tersebut. Salah satu metode estimasi yang dapat digunakan adalah metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Misalkan $\{Y_t\}$ menyatakan suatu proses *multivariate* VAR(p), yaitu,

$$Y_t = \Phi_1 Y_{t-1} + \dots + \Phi_p Y_{t-p} + a_t \quad (2.8)$$

dengan, $\{a_t\} \sim \text{i.i.d.} N(0, \Sigma)$

untuk memperoleh nilai estimasi dari parameter dalam proses *multivariate* VAR(p) maka digunakan metode MLE dengan persamaan fungsi *likelihood* dari sampel $\{y_1, \dots, y_n\}$ adalah seperti pada Persamaan (2.9) (wutsqa, 2008)

$$\begin{aligned} L(\Phi, \Sigma) = & -\left(\frac{nm}{2}\right) \log(2\pi) + \left(\frac{n}{2}\right) \log |\Sigma^{-1}| + \\ & -\left(\frac{1}{2}\right) \sum_{t=1}^n \left[(Y_t - \Phi' X_t)' \Sigma^{-1} (Y_t - \Phi' X_t) \right] \end{aligned} \quad (2.9)$$

dengan $\Phi' = [\Phi_1 \ \Phi_2 \ \dots \ \Phi_p]$ dan X_t merupakan vektor berukuran $mp \times 1$, seperti ditunjukkan pada Persamaan (2.10)

$$X_t = \begin{bmatrix} Y_{t-1} \\ Y_{t-2} \\ \vdots \\ Y_{t-p} \end{bmatrix} \quad (2.10)$$

Selanjutnya dengan metode *least square* yang meminimumkan jumlah kuadrat error diperoleh hasil persamaan untuk nilai estimasi parameter $\hat{\Phi}$ yaitu (Wutsqa, 2008)

$$\hat{\Phi}' = \left[\sum_{t=1}^n Y_t X_t' \right] \left[\sum_{t=1}^n X_t X_t' \right]^{-1} \quad (2.11)$$

2.2.4 Pemeriksaan Diagnostik Model VAR

Estimasi parameter yang sudah diperoleh, selanjutnya kecukupan dari kesesuaian model harus diperiksa dengan analisis diagnosa dari residual pada Persamaan (2.12)

$$\hat{a}_t = Y_t - \hat{\Phi}_1 Y_{t-1} - \dots - \hat{\Phi}_p Y_{t-p}, \quad (2.12)$$

dengan Y_t digunakan untuk menotasikan Y_t jika $\mu = 0$ dan menotasikan $(Y_t - \hat{\mu})$ dengan μ merupakan vektor rata-rata, dan $\hat{\Phi}_i$ adalah nilai taksiran dari parameter Φ_i . (Wei, 2006).

1. Pengujian residual *White Noise*

Pengecekan asumsi *White Noise* pada model VAR dengan menggunakan nilai AIC terkecil yang dihasilkan dari pemodelan residual. Perhitungan AIC sama seperti persamaan (2.15) (Tsay, 2005), dinyatakan *white noise* ketika hasil AIC terkecil dari pemodelan residual terletak pada AR 0 dan MA 0, Suatu model *time series* dikatakan cukup jika residual model bersifat *white noise*. Maka dari itu matriks korelasi dari a_t harus tidak signifikan dan tidak memiliki pola (Wei, 2006).

2. Pengujian Residual Berdistribusi Normal Multivariat

Distribusi normal *multivariate* adalah pengembangan dari bentuk distribusi normal univariat dengan jumlah variabel lebih dari satu. Distribusi ini digunakan pada data yang saling berhubungan (dependen). Apabila terdapat sejumlah p variabel yang dinyatakan dalam bentuk vektor acak $\mathbf{X}' = \{\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p\}$ yang mengikuti distribusi normal multivariat dengan fungsi densitas sebagai berikut (Johnson & Whicern, 2007).

Variabel $\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p$ dikatakan berdistribusi normal *multivariate* dengan parameter μ dan Σ jika mempunyai *probability density function* :

$$f(\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} |\Sigma|^{p/2}} e^{-\frac{1}{2}(\mathbf{X}-\mu)' \Sigma^{-1} (\mathbf{X}-\mu)} \quad (2.13)$$

Jika $\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p$ berdistribusi normal *multivariate* maka $(\mathbf{X}-\mu)' \Sigma^{-1} (\mathbf{X}-\mu)$ berdistribusi χ_p^2 . Berdasarkan sifat ini maka pemeriksaan distribusi multinormal dapat dilakukan dengan cara membuat *q-q plot* dari nilai $d_i^2 = (\mathbf{X}_i - \bar{\mathbf{X}})' S^{-1} (\mathbf{X}_i - \bar{\mathbf{X}}), i = 1, \dots, n$.

Terdapat 2 cara untuk melakukan pemeriksaan distribusi normal multivariat. Cara pertama yaitu dengan pemeriksaan proporsi dari data, dan apabila nilai $d_i^2 \leq \chi_{(p;\alpha)}^2$ sebanyak 50% maka sebaran data mengikuti distribusi normal multivariat, dengan cara memperoleh nilai d_i^2 sesuai pada persamaan (2.4) Cara kedua yaitu dengan pemeriksaan *Chi-Square Plot* yang dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut

1. Menghitung d_i^2 , yaitu jarak yang dikuadratkan.

$$d_i^2 = (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}})' \mathbf{S}_a^{-1} (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}}) \quad (2.14)$$

dimana :

d_i^2 = dengan mencari nilai jarak kuadrat untuk setiap pengamatan ke -i

X_i = pengamatan yang ke -i, dengan $i = 1, 2, \dots, n$

\bar{X} = rata-rata variabel

S^{-1} = kebalikan (*inverse*) matriks varians-kovarians S

2. Mengurutkan nilai d_i^2 dari terkecil hingga terbesar
3. Menentukan nilai q dimana $q = \chi_{(p;(n-j+0,5)/n)}^2$. Nilai $\chi_{(p;(n-j+0,5)/n)}^2$ didapatkan dari tabel distribusi χ^2 .
4. Membuat *Chi-square Plot* antara d_i^2 dan q

2.2.5 Pemilihan Model Terbaik

Pada analisis *time series*, terdapat kemungkinan bahwa terdapat lebih dari satu model yang parameternya signifikan dan memenuhi asumsi residual *white noise* dan berdistribusi normal, sehingga diperlukan suatu kriteria tertentu untuk dapat menentukan model yang akan digunakan. Pemilihan model terbaik dan akurat dapat digunakan kriteria dari data *in-sample* dan data *out-sample*. Pemilihan model berdasarkan data *in-sample* antara lain menggunakan *Akaike's Information Criterion* (AIC). AIC adalah suatu kriteria pemilihan model terbaik dengan mempertimbangkan banyaknya parameter dalam model. Pada kriteria AIC diasumsikan suatu model statistik dengan k parameter sebagai penduga dari

data. AIC digunakan untuk model yang memiliki parameter tidak terlalu banyak, sehingga jika parameter dalam model terlalu banyak akan menjadi bias (Wei, 2006). Kriteria AIC dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$AIC = \ln \left(\left| \tilde{\Sigma}_i \right| \right) + \frac{2k^2 i}{T} \quad (2.15)$$

dimana $\tilde{\Sigma}_i$ adalah *maksimum likelihood* dari Σ_i , k adalah banyaknya parameter dalam model dan T adalah banyaknya observasi. i merupakan orde model VAR atau VAR(i).

Penentuan model terbaik berdasarkan data *out-sample* dapat dilihat berdasarkan nilai kesalahan peramalan yang dihasilkan. Semakin kecil nilai kesalahan peramalan yang dihasilkan suatu model maka model tersebut akan semakin baik digunakan untuk meramalkan periode mendatang. Perhitungan akurasi untuk data *out sample* dengan menggunakan kriteria *Root Mean Square Error* (*RMSE*). *RMSE* merupakan kriteria pemilihan model terbaik dapat digunakan untuk mengevaluasi ketepatan model *time series* dengan mempertimbangkan sisa perhitungan ramalan. *RMSE* digunakan dengan tujuan agar satuan pengukuran data tidak berubah (Gooijer & Hyndman, 2006). Nilai *RMSE* dirumuskan sebagai berikut.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2} \quad (2.16)$$

keterangan :

Y_t : Nilai aktual atau sebenarnya pada waktu ke t .

\hat{Y}_t : Nilai dugaan atau peramalan pada waktu ke t .

n : Jumlah observasi.

2.3 Distribusi Peluang Kontinu

Distribusi peluang didefinisikan dengan suatu fungsi peluang, dinotasikan dengan $P(X = x)$ atau $f(x)$, yang menunjukkan peluang untuk setiap nilai variabel acak.

Fungsi $f(x)$ adalah fungsi kepadatan peluang variabel acak kontinu X , bila memenuhi:

- a. $f(x) \geq 0$ untuk semua $x \in R$.
- b. $\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1$,
- c. $P(a < x < b) = \int_a^b f(x)dx$, (Walpole & Myers, 1995).

Fungsi distribusi kumulatif $F(x)$ suatu variabel acak kontinu X dengan fungsi kepadatan peluang $f(x)$ adalah sebagai berikut :

$$F(x) = P(X \leq x) = \int_{-\infty}^x f(x)dx.$$

Sedangkan untuk nilai harapan X disimbolkan dengan $E(X)$ dan variansi X disimbolkan dengan $Var(X)$ didefinisikan sebagai berikut.

$$E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x)dx. \quad (2.17)$$

$$Var(X) = E(X^2) - \{E(X)\}^2 \quad (2.18)$$

Distribusi Weibull adalah salah satu distribusi kontinu dalam teori probabilitas dan statistik.

Fungsi kepadatan peluang distribusi Weibull 3 parameter

$$f(x|\gamma, \beta, \alpha) = \begin{cases} \left(\frac{\alpha}{\beta}\right) \left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{(\alpha-1)} \exp\left\{-\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha}\right\} & ; \text{ untuk } x > \gamma \\ 0 & ; \text{ untuk } x \leq \gamma \end{cases}$$

Adapun fungsi distribusi kumulatifnya adalah

$$F(x|\gamma, \beta, \alpha) = \begin{cases} 1 - \exp\left\{-\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha}\right\} & ; \text{ untuk } x > \gamma \\ 0 & ; \text{ untuk } x \leq \gamma \end{cases}$$

di mana γ adalah parameter lokasi, β adalah parameter skala, dan α adalah parameter bentuk. Jika X variabel acak berdistribusi Weibull $X \sim WEI(\gamma, \beta, \alpha)$. Maka nilai ekspektasi dan nilai varian dari X diberikan sebagai berikut :

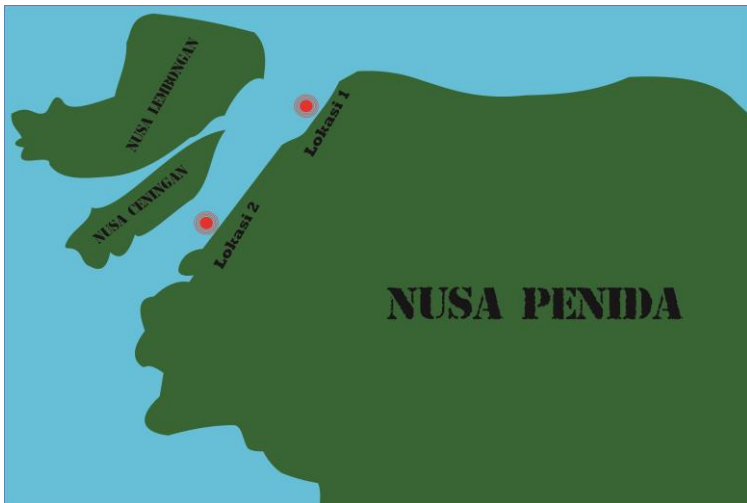
$$E(X) = \gamma + \beta \Gamma\left(\frac{1}{\alpha} + 1\right). \quad (2.19)$$

$$V(X) = \beta^2 \left\{ \Gamma\left(\frac{2}{\alpha} + 1\right) - \left[\Gamma\left(\frac{1}{\alpha} + 1\right) \right]^2 \right\} \quad (2.20)$$

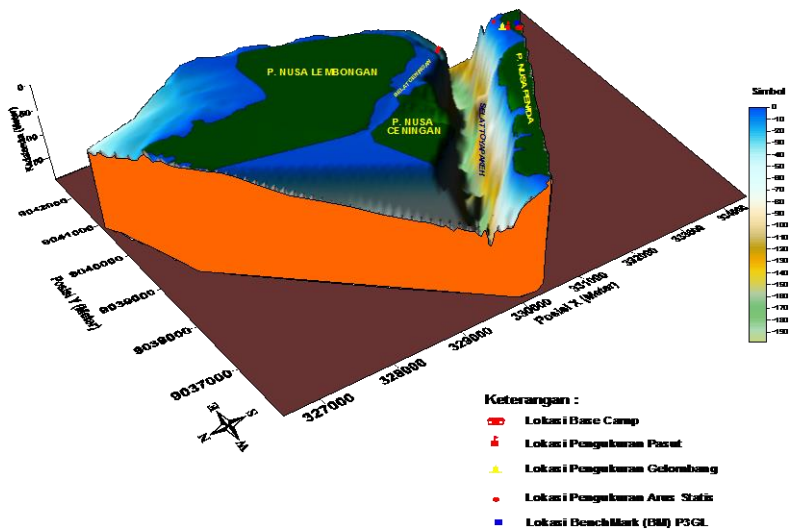
2.4 Kondisi Geografis Lokasi Penelitian

Secara regional Negara Indonesia memiliki potensi untuk menggunakan arus laut sebagai sumber energi dibandingkan dengan Negara lain. Hal ini disebabkan karena Indonesia dipengaruhi oleh Arus Lintas Indonesia ARLINDO yang terjadi karena perbedaan elevasi muka air laut rerata antara Pasifik sebelah barat dengan lautan Hindia

Secara geografis selat Toyapakeh terlentang diantara Nusa Penida dan Nusa Lembongan yang di tunjukkan pada Gambar 2.3 dan Gambar 2.4 dimana karakteristik dari pengambilan arus pda titik 1 berada di $08^{\circ} 40' 29.6''$ LS dan $115^{\circ} 30' 53.6''$ BT yakni Memiliki kecepatan arus dan distribusi terhadap jarak memenuhi syarat, Morfologi dasar laut landai kedalaman laut 20 - 30 meter. Termasuk dalam jaringan listrik PLN serta Kawasan cukup rawan terjangan gelombang, dengan perubahan garis pantai mundur cukup signifikan



Gambar 2.3 Penampang Melintang Lokasi Penelitian Selat Toyapakeh Nusa Penida, Bali



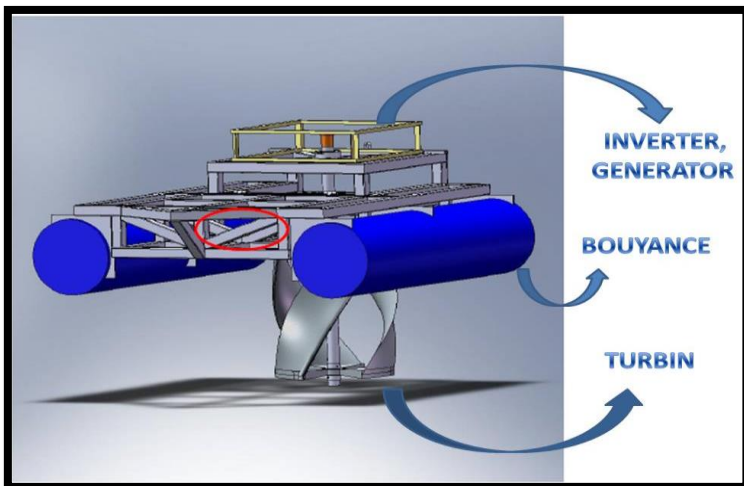
Gambar 2.4 Penampang Membujur Lokasi Penelitian Selat Toyapakeh Nusa Penida, Bali

Pada lokasi 1 merupakan kawasan paling padat penduduk yang memerlukan listrik dan Kawasan pusat perekonomian untuk Kecamatan Nusa Penida. Kawasan budidaya rumput laut terbesar di wilayah perairan Toyapakeh. Wilayah pelayaran dan penyeberangan dari/ke (Bali daratan, Nusa Penida dan Nusa Lembongan). Kawasan wisata bahari yang menjadi ikon Nusa Penida (terdapat ponton Quick Silver Cruises dan area diving. Snorkeling, Subsea, Waterboat, Banana boat dll).

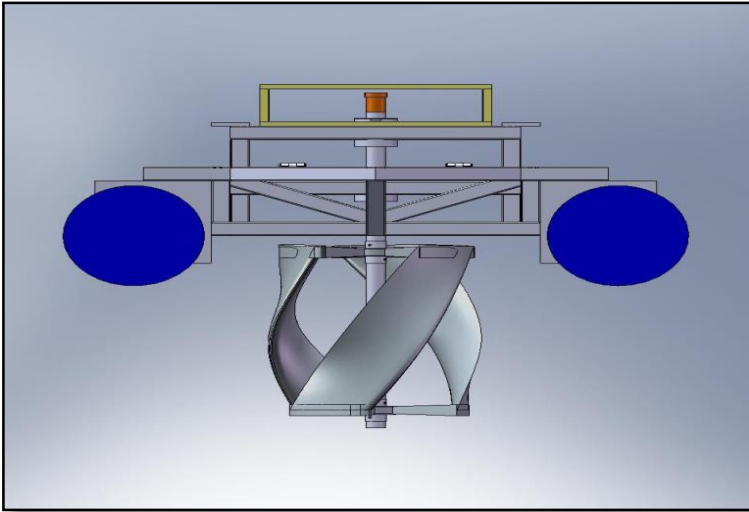
Kemudian titik 2 berada pada $08^{\circ} 40' 25.2''$ LS dan $115^{\circ} 29' 16.2''$ BT yakni memiliki kecepatan arus memenuhi syarat, Morfologi dasar laut sangat curam dengan Jarak laut > 70 meter. Tidak aman dari gelombang yang datang dari Samudera Hindia. Merupakan kawasan abrasi yang cukup kuat, dengan perubahan garis pantai mundur cukup signifikan. Terletak pada Kawasan lindung (konservasi) terumbu karang, dan juga menempatkan mola-mola (sunfish) dan ikan karang yang spesifik di wilayah perairan.

2.5 Teknologi PLTAL di Indonesia

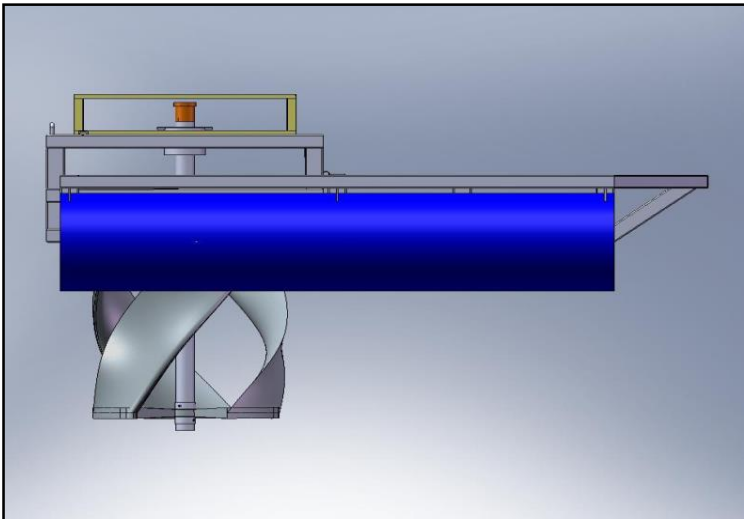
Pemanfaatan energi arus dapat dilakukan dengan pemakaian sumber pembangkit listrik tenaga arus laut berupa turbin arus laut yang akan mengkonversi energi kinetik arus laut menjadi energi listrik yang prinsip kerjanya persis sama dengan turbin angin. Teknologi yang digunakan pada PLTAL skala percobaan yang dikembangkan oleh Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) adalah jenis turbin air *vertical axis Golov turbine* yang memiliki diameter putar 1 m dan tinggi bilah 1,2 m yang ditunjukkan pada Gambar 2.5 dimana turbin tampak depan ditunjukkan pada Gambar 2.6 dan turbin tampak samping ditunjukkan Gambar 2.7. dimana efesiensi total dari turbin mencapai 30%, turbin dapat menghasilkan listrik 2 kW pada kecepatan arus 1,4 m/detik. Generator PLTAL yang digunakan adalah generator tipe magnet permanen (*permanent magnetic generator*) dengan kapasitas 3.5 kW pada putaran 250 rpm dan diameter 65 cm dengan tegangan 15 Volt DC (Erwandi, 2010) yang di tunjukan pada Gambar 2.8 dan Gambar 2.9 .



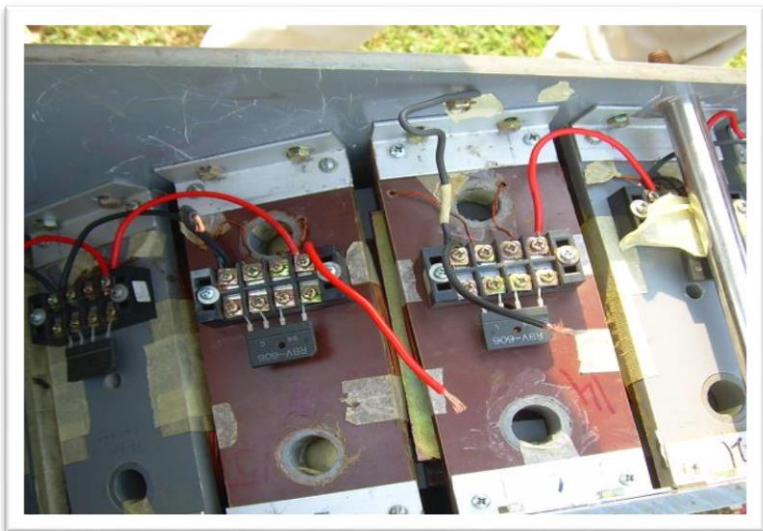
Gambar 2.5 Skema Turbin



Gambar 2.6. Turbin *Gorlov* Tampak Depan



Gambar 2.7. Turbin *Gorlov* Tampak Samping



Gambar 2.8. *Generator*



Gambar 2.8. *Permanen Magnetic Generator*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber data

Sumber data pada penelitian ini adalah data sekunder yang diambil dari hasil survei Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Laut (PPPGL) dibawah Badan Litbang Energi dan Sumber Daya Mineral yang memiliki kantor pusat Pengolahan data di Bandung untuk Pembuatan Rancangan Desain (*Basic Design*) PLTAL di Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali dalam proyek SWK01 Kajian Hidro-Oseanografi Teluk Toyapakeh pada PLT Arus Laut dimana Pengambilan data kecepatan arus laut dilaksanakan oleh PPPGL dari tanggal 12 Agustus 2015 sampai 8 September 2015 adapun surat perijinan penggunaan data penelitian dapat di lihat pada Lampiran 17 dan surat keterangan keaslian data dapat dilihat pada Lampiran 18.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah data kecepatan arus pada 2 lokasi yang berbeda, dalam satu selat yang sama yakni selat Toyapakeh Nusa Penida Bali. Pengambilan arus pada lokasi 1 berada di koordinat 08° 40' 29.6" LS dan 115° 30' 53.6" BT pada jarak ± 24 meter yang terbagi menjadi 10 kedalaman. Jarak antar kedalaman pada lokasi 1 sebesar 2 meter dengan kedalaman pertama terletak pada jarak 3 meter dari dasar laut hingga jarak 21 meter dari dasar laut. Sedangkan untuk lokasi 2 berada pada koordinat 08° 40' 25.2" LS dan 115° 29' 16.2" BT pada Jarak ± 30 meter yang terbagi menjadi 15 kedalaman. Jarak antar kedalaman sebesar 2 meter dengan kedalaman pertama terletak pada jarak 3 meter dari dasar laut dan kedalaman terakhir terletak pada jarak 31 meter dari dasar laut. Data yang dianalisis pada penelitian ini berdasarkan deret waktu menggunakan satuan dalam bentuk jam. Dimana nantinya dari masing-masing lokasi akan di pilih kedalaman potensial sehingga pada lokasi 1 akan

terpilih satu kedalaman sebagai variabel satu dan pada lokasi 2 juga akan di pilih satu kedalaman potensial sebagai variabel 2.

3.3 Struktur Data

Struktur data dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 3.1. Adapun data secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tabel 3.1 Struktur Data Penelitian

Waktu	Jam	Tanggal	Bulan	$Y_{1,t}$	$Y_{2,t}$
1	01.00	12	8	$Y_{1,1}$	$Y_{2,1}$
2	02.00	12	8	$Y_{1,2}$	$Y_{2,2}$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
20	20.00	12	8	$Y_{1,20}$	$Y_{2,20}$
21	21.00	12	8	$Y_{1,21}$	$Y_{2,21}$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
120	24.00	17	8	$Y_{1,120}$	$Y_{2,120}$
121	01.00	17	8	$Y_{1,121}$	$Y_{2,121}$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
496	10.00	08	9	$Y_{1,496}$	$Y_{2,496}$
497	11.00	08	9	$Y_{1,497}$	$Y_{2,497}$
498	12.00	08	9	$Y_{1,498}$	$Y_{2,498}$
499	13.00	08	9	$Y_{1,499}$	$Y_{2,499}$

dimana

$Y_{1,t}$ adalah kecepatan arus pada titik pengamatan pertama

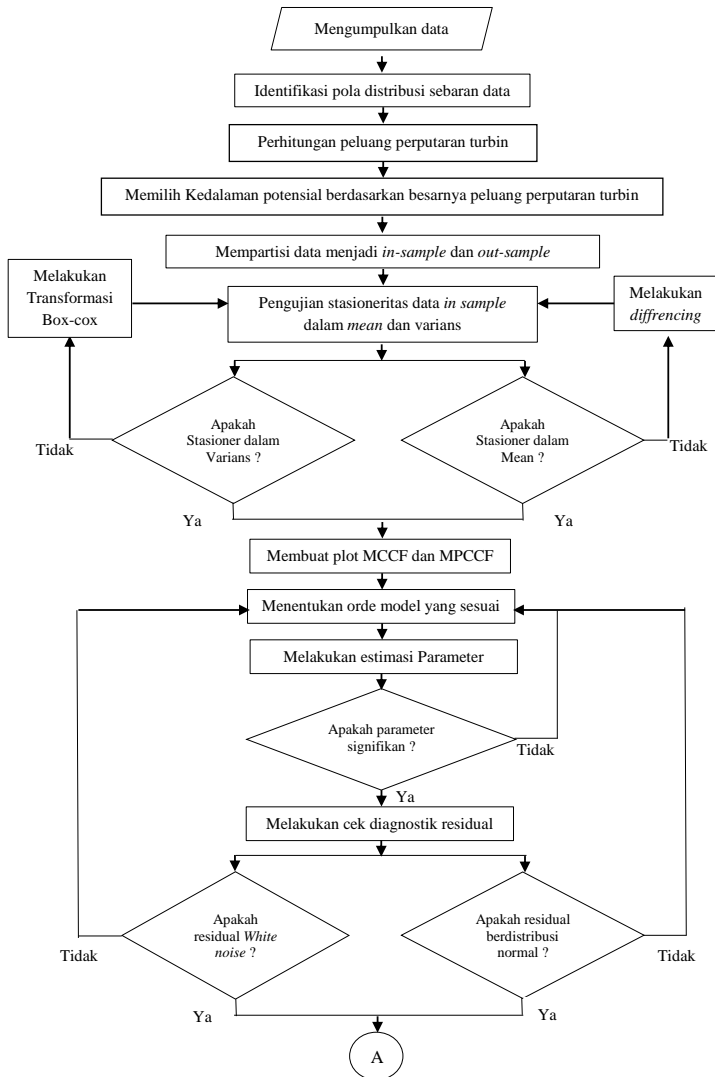
$Y_{2,t}$ adalah kecepatan arus pada titik pengamatan kedua

3.4 Langkah analisis

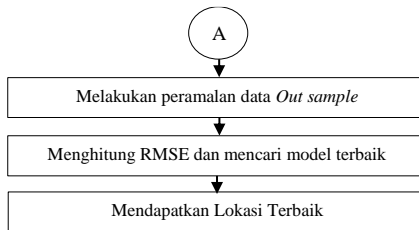
Berdasarkan tujuan penelitian, maka langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini dijabarkan secara rinci sebagai berikut :

1. Mendeskripsikan karakteristik kecepatan arus selat Toyapakeh Nusa Penida Bali
2. Mengidentifikasi pola distribusi sebaran data pada tiap-tiap kedalaman di masing-masing lokasi
3. Melakukan perhitungan Peluang Potensial berputarnya turbin pada kecepatan arus laut yang di hasilkan dari Selat Toyapakeh, Nusa Penida, Bali
4. Memilih kedalaman potensial pada lokasi 1 dan lokasi 2 berdasarkan peluang terbesar dalam memutar turbin, yang akan digunakan sebagai variabel 1 dan variabel 2 pada pemodelan VAR
5. Membagi data kecepatan arus kedalaman potensial pada lokasi 1 dan lokasi 2 menjadi dua bagian, yaitu data *training (in-sample)* dan *testing (out-sample)*.
6. Pemodelan data kecepatan arus dengan langkah-langkah sebagai berikut :
 - a. Melakukan Pengujian Stasioneritas, menggunakan plot MCCF.
 - b. Melakukan Identifikasi model dengan menggunakan *Plot* MPCCF melihat lag yang memiliki nilai AIC yang paling minimum pada orde AR dan MA
 - c. Melakukan Estimasi parameter model VAR
 - d. Mendapatkan model VAR
 - e. Melakukan prosedur pemeriksaan uji *diagnostic* (uji asumsi residual bersifat *white noise* dan berdistribusi *multivariate normal*).
7. Melakukan validasi dari model berdasarkan data *testing*
8. Memilih lokasi terbaik.

Diagram alir yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Kecepatan Arus di Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali

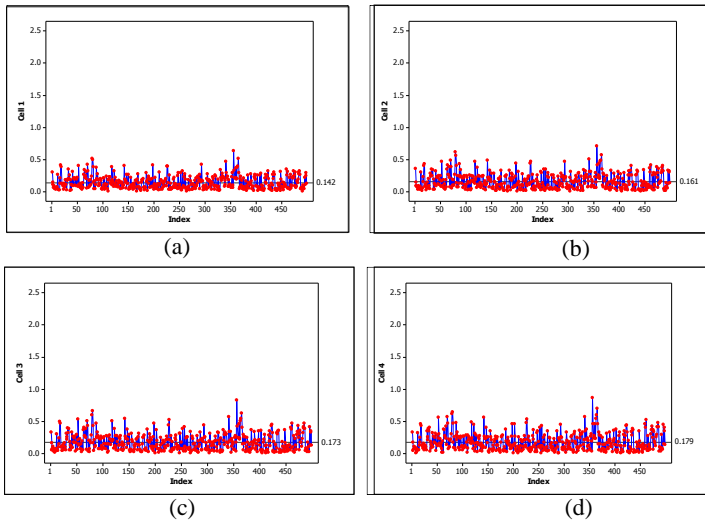
Karakteristik kecepatan arus yang akan disajikan pada pembahasan ini adalah kecepatan arus pada 2 koordinat Lokasi pengambilan arus pada titik 1 berada di $08^{\circ} 40' 29.6''$ LS dan $115^{\circ} 30' 53.6''$ BT pada jarak ± 24 meter dari dasar laut. Sedangkan untuk titik 2 berada pada $08^{\circ} 40' 25.2''$ LS dan $115^{\circ} 29' 16.2''$ BT pada Jarak ± 30 meter dari dasar laut. Pengolahan data pengukuran Arus dilakukan berdasarkan variasi temporal dari kecepatan (magnitude) dan arah (direction) arus. Selanjutnya analisis dilakukan pada setiap lapisan jarak yang diukur. Untuk keperluan deskripsi pola arus setempat, data pengamatan arus divisualisasikan dalam bentuk diagram polar dan vektor arus yang direpresentasikan menurut waktu (*time series*) sehingga dapat diketahui distribusi kekuatan dan arah arus di area survei. Visualisasi diberlakukan pada setiap lapisan pengukuran sehingga didapatkan gambaran pola arus di dekat muka air maupun di dekat dasar perairan.

4.1.1 Kondisi Arus pada Lokasi 1 ($08^{\circ} 40' 29.6''$ LS dan $115^{\circ} 30' 53.6''$ BT)

Pada lokasi pertama pengukuran survey PPPGL berada di $08^{\circ} 40' 29.6''$ LS dan $115^{\circ} 30' 53.6''$ BT pada jarak ± 24 meter dari dasar laut, arus yang terjadi pada lokasi ini diukur pada 10 jarak yang berbeda mulai dari jarak 3 meter sampai ± 24 meter dengan jarak tiap jarak 2 meter.

a. Grafik kecepatan arus pada jarak kurang dari 10 meter dari dasar laut

Lokasi yang akan diukur pada jarak kurang dari 10 meter dari dasar laut ini ada 4 posisi yakni pada jarak 3 meter, 5 meter, 7 meter dan 9 meter dari dasar laut, fluktuasi kecepatan arus pada masing-masing jarak akan disajikan pada Gambar 4.1.



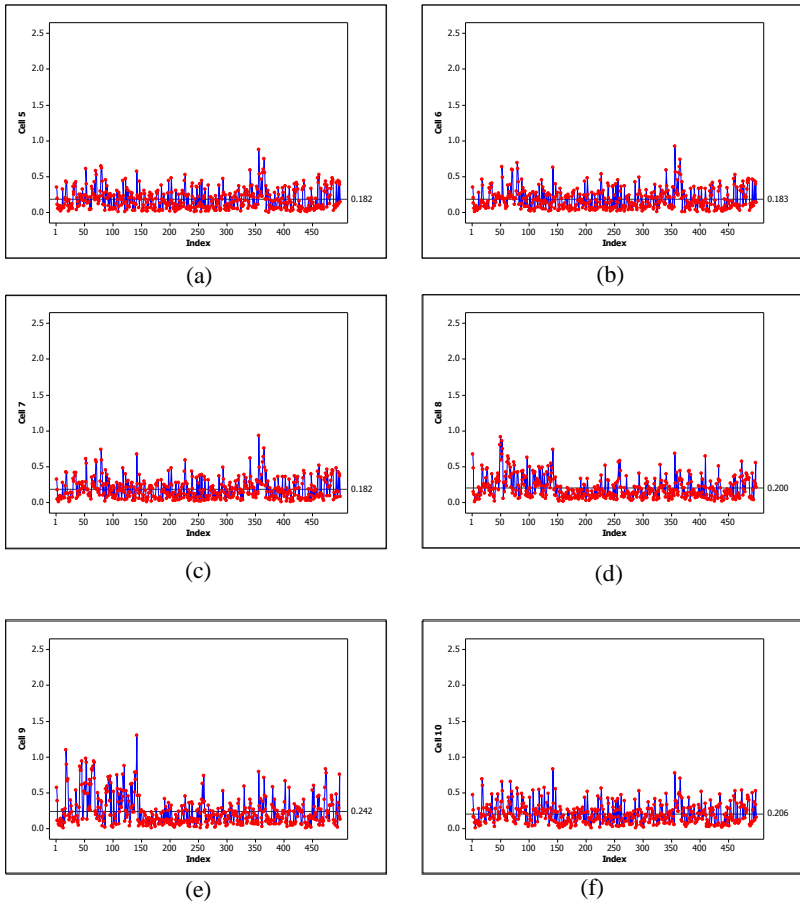
Gambar 4.1.Karakteristik Data pada Lokasi 1Jarak Kurang dari 10 meter dari dasar laut (a) Jarak 3 m, (b) Jarak 5 m, (c) Jarak 7 m, dan (d) Jarak 9 m

Gambar 4.1 menunjukkan fluktuatif dari kecepatan arus yang melewati jarak kurang dari 10 meter dibawah permukaan laut, Gambar (a) menunjukkan fluktuatif arus yang melewati jarak 3 meter dengan rata-rata kecepatan arus sebesar 0.142401 m/s, Gambar (b) menunjukkan fluktuasi kecepatan arus yang melewati jarak 5 meter dengan rata-rata kecepatan arus sebesar 0.160563 m/s, Gambar (c) menunjukkan fluktuasi kecepatan arus yang melewati jarak 7 meter dengan kecepatan arus rata-rata sebesar 0,1727 m/s, dan pada Gambar (d) menunjukkan fluktuasi kecepatan arus pada jarak 9 meter dengan kecepatan arus rata-ratanya sebesar 0,17972 m/s. dari ke empat lokasi jarak yang di ukur menunjukkan pada jarak 9 meter di bawah permukaan laut memiliki kecepatan rata-rata yang lebih besar.

b. Grafik Kecepatan Arus pada Jarak 10-20 meter dibawah Permukaan Laut

Lokasi yang akan di ukur pada jarak 10-21 meter ada 4 posisi yakni pada jarak 11 meter, 13 meter, 15 meter, 17 meter, 19 meter

dan 21 meter di bawah permukaan laut, fluktuasi kecepatan arus pada masing-masing jarak akan di sajikan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. karakteristik kecepatan arus pada lokasi 1 kedalaman 10-24 meter dari dasar laut (a) kedalaman 11 m (b) kedalaman 13 m (c) kedalaman 15 m (d) kedalaman 17 m (e) kedalaman 19 m (f) kedalaman 21 m

Gambar 4.2 merupakan gambar fluktuatif dari kecepatan arus yang melewati jarak 10-25 meter dibawah permukaan laut, Gambar (a) menunjukan fluktuatif arus yang melewati jarak 11

meter dengan rata-rata kecepatan arus sebesar 0.181852 m/s, Gambar (b) menunjukkan fluktuasi kecepatan arus yang melewati jarak 13 meter dengan rata-rata kecepatan arus sebesar 0.183457 m/s. Gambar (c) menunjukkan fluktuasi kecepatan arus yang melewati jarak 15 meter dengan kecepatan arus rata-rata sebesar 0,182489 m/s, pada Gambar (d) menunjukkan fluktuasi kecepatan arus pada jarak 17 meter dengan kecepatan arus rata-ratanya sebesar 0,2001 m/s. Gambar (e) menunjukkan fluktuasi kecepatan arus pada jarak 19 meter dengan kecepatan arus rata-ratanya sebesar 0,241561 m/s, dan pada Gambar (f) menunjukkan fluktuasi kecepatan arus pada jarak 21 meter dengan kecepatan arus rata-ratanya sebesar 0,205832 m/s, dari ke enam lokasi jarak yang di ukur menunjukkan pada jarak 19 meter di bawah permukaan laut memiliki kecepatan rata-rata paling besar jika di bandingkan dengan semua jarak yang di ukur pada lokasi pertama oleh survey PPPGL di $08^{\circ} 40' 29.6''$ LS dan $115^{\circ} 30' 53.6''$ BT.

4.1.2 Lokasi 2 ($08^{\circ} 40' 25.2''$ LS dan $115^{\circ} 29' 16.2''$ BT)

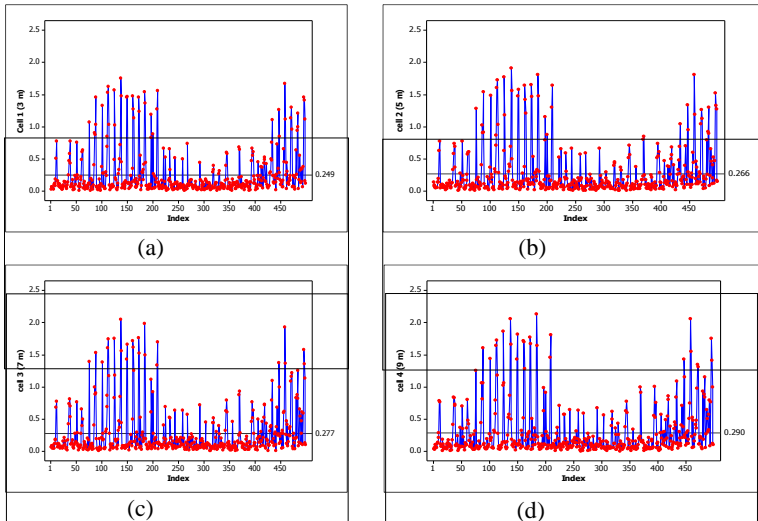
Pada lokasi kedua pengukuran survey PPPGL berada di koordinat $08^{\circ} 40' 25.2''$ LS dan $115^{\circ} 29' 16.2''$ BT pada Jarak ± 30 meter, arus yang terjadi pada lokasi ini di ukur pada 10 jarak yang berbeda mulai dari jarak 3 meter sampai ± 30 meter dengan jarak tiap jarak 2 meter.

a. Grafik kecepatan arus dilokasi 2 pada jarak kurang dari 10 meter dari dasar laut

Lokasi yang akan di ukur pada jarak kurang dari 10 meter ini ada 4 posisi yakni pada jarak 3 meter, 5 meter, 7 meter dan 9 meter di bawah permukaan laut, fluktuasi kecepatan arus pada masing-masing jarak akan di tiampilkan pada Gambar 4.3.

Dalam Gambar 4.3 menunjukkan fluktuatif dari kecepatan arus yang melewati jarak kurang dari 10 meter dibawah permukaan laut, Gambar (a) menunjukkan fluktuasi arus yang melewati jarak 3 meter dengan rata-rata kecepatan arus sebesar 0,2491 m/s, Gambar (b) menunjukkan fluktuasi kecepatan arus yang melewati jarak 5 meter dengan rata-rata kecepatan arus sebesar 0.26626 m/s. Gambar (c) menunjukkan fluktuasi kecepatan arus yang melewati jarak 7 meter

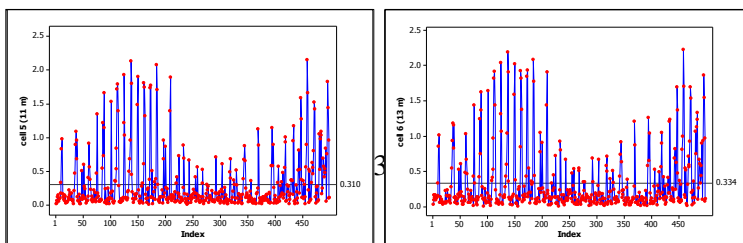
dengan kecepatan arus rata-rata sebesar 0,27665 m/s, dan pada Gambar (d) menunjukkan fluktuasi kecepatan arus pada jarak 9 meter dengan kecepatan arus rata-ratanya sebesar 0,2897 m/s. dari ke empat lokasi jarak yang di ukur menunjukkan pada jarak 9 meter di bawah permukaan laut memiliki kecepatan rata-rata yang lebih besar.

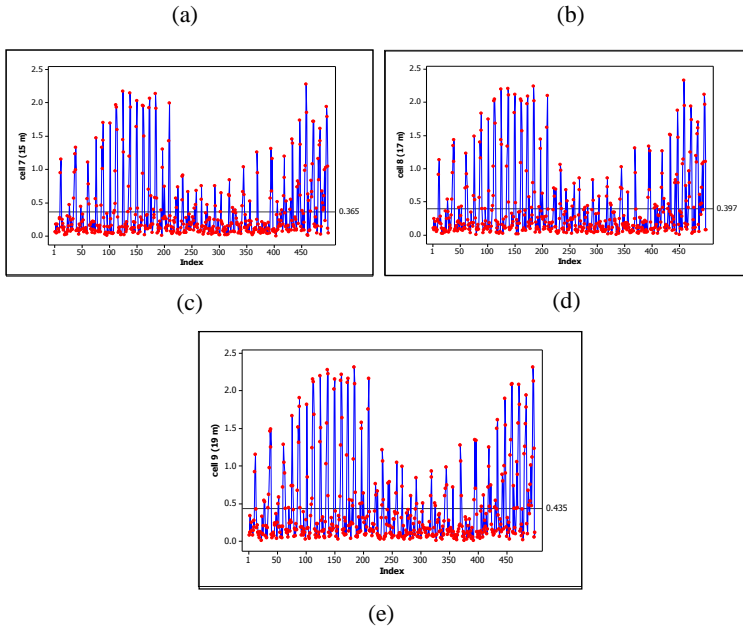


Gambar 4.3. Karakteristik Kecepatan Arus pada Lokasi 2 dengan Jarak Kurang dari 10 meter dari Dasar Laut (a) Jarak 3 m, (b) Jarak 5 m, (c) Jarak 7 m, (d) Jarak 9 m

b. Grafik Kecepatan Arus dilokasi 2 pada Jarak 10-20 meter dibawah Permukaan Laut

Lokasi yang akan di ukur pada jarak 10-20 meter ini ada 6 titik yakni pada jarak 11 meter, 13 meter, 15 meter, 17 meter, 19 meter dan 21 meter dari dasar laut, fluktuatif kecepatan arus pada masing-masing jarak akan di sajikan pada Gambar 4.4 dimana merupakan gambar fluktuatif dari kecepatan arus yang melewati jarak 10-20 meter dibawah permukaan laut.





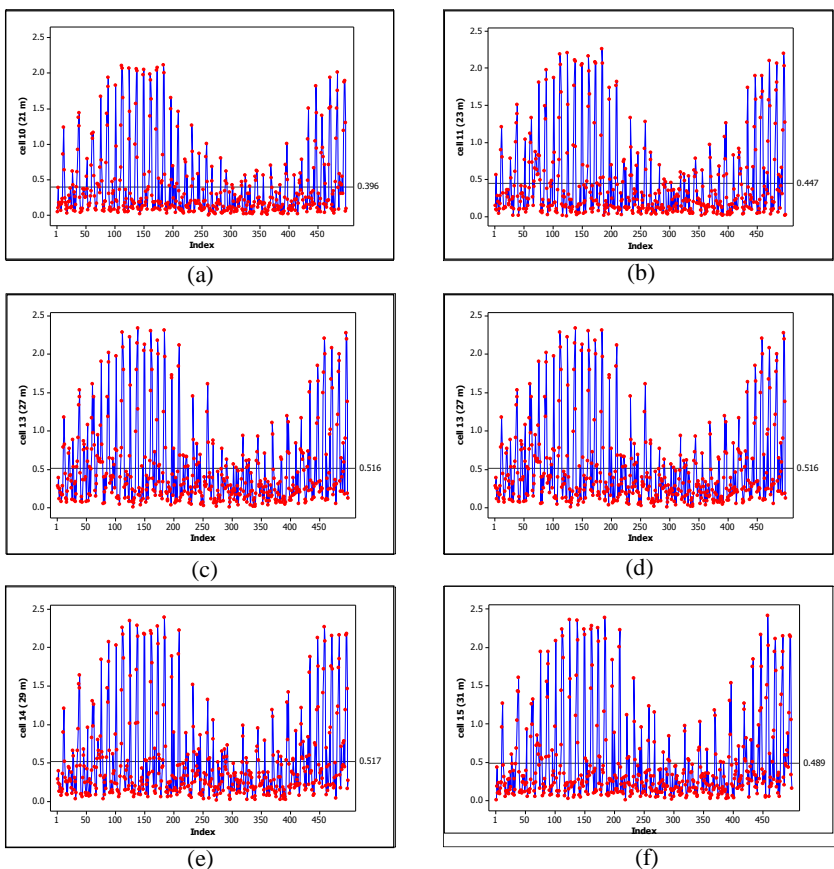
Gambar 4.4. Karakteristik Kecepatan Arus pada Lokasi 2 dengan Jarak 10-20 meter dari Dasar Laut (a) Jarak 11 m, (b) Jarak 13 m, (c) Jarak 15 m, (d) Jarak 17 m, dan (e) Jarak 19

Gambar 4.4 dimana merupakan gambar fluktuatif dari kecepatan arus yang melewati jarak 10-20 meter dibawah permukaan laut. Gambar (a) menunjukan fluktuatif arus yang melewati jarak 11 meter dengan rata-rata kecepatan arus sebesar 0,3098 m/s, Gambar (b) menunjukan fluktuasi kecepatan arus yang melewati jarak 13 meter dengan rata-rata kecepatan arus sebesar 0,3339 m/s. Gambar (c) menunjukan fluktuasi kecepatan arus yang melewati jarak 15 meter dengan kecepatan arus rata-rata sebesar 0,36524 m/s, pada Gambar (d) menunjukan fluktuasi

kecepatan arus pada jarak 17 meter dengan kecepatan arus rata-ratanya sebesar 0,3969 m/s. Gambar (e) menunjukkan fluktuasi kecepatan arus pada jarak 19 meter dengan kecepatan arus rata-ratanya sebesar 0,4346 m/s. dari kelima lokasi pada jarak antara 10-20 meter dibawah permukaan laut pada jarak 19 memiliki arus rata-rata yang paling besar dari ke empat titik yang lainnya.

c. Grafik Kecepatan Arus dilokasi 2 pada Jarak lebih dari 20 meter dari Dasar Laut

Lokasi yang akan di ukur pada jarak lebih dari 20 meter dari dasar laut memiliki 6 titik yang akan di ukur yakni pada jarak 21 meter, 23 meter, 25 meter, 27 meter, 29 meter dan 31 meter dari dasar laut, fluktuatif kecepatan arus pada masing-masing jarak akan di sajikan pada Gambar 4.5. Gambar 4.5 merupakan gambar fluktuatif dari kecepatan arus yang melewati jarak diatas 20 meter dibawah permukaan laut, Gambar (a) menunjukkan fluktuatif arus yang melewati jarak 21 meter dengan rata-rata kecepatan arus sebesar 0,3955 m/s, Gambar (b) menunjukkan fluktuasi kecepatan arus yang melewati jarak 23 meter dengan rata-rata kecepatan arus sebesar 0,4468 m/s, Gambar (c) menunjukkan fluktuasi kecepatan arus yang melewati jarak 25 meter dengan kecepatan arus rata-rata sebesar 0,4884 m/s, pada Gambar (d) menunjukkan fluktuasi kecepatan arus pada jarak 27 meter dengan kecepatan arus rata-ratanya sebesar 0,51595 m/s, dan pada Gambar (e) menunjukkan fluktuasi kecepatan arus pada jarak 29 meter dengan kecepatan arus rata-ratanya sebesar 0,5172 m/s, dan pada Gambar (f) menunjukkan fluktuasi kecepatan arus pada jarak 31 meter dengan kecepatan arus rata-ratanya sebesar 0,4889 m/s dari keenam lokasi pada jarak lebih dari 20 meter dibawah permukaan laut pada jarak 29 meter memiliki arus rata-rata yang paling besar dari ke lima titik yang lainnya. Pada lokasi yakni koordinat $08^{\circ} 40' 25.2''$ LS dan $115^{\circ} 29' 16.2''$ BT pada Jarak ± 30 meter, memiliki kecepatan arus yang kurang stabil dimana banyak kecepatan arus yang dibawah kecepatan rata-rata disetiap jarak.



Gambar 4.5. Karakteristik Kecepatan Arus pada Lokasi 2 dengan Jarak lebih dari 20 meter dari Dasar Laut (a) Jarak 21 m, (b) Jarak 23 m, (c) Jarak 25 m, (d) Jarak 27 m, (e) Jarak 29 m, dan (f) Jarak 31

4.2 Peluang Pembangkitan Turbin Tipe *Gorlov* pada Perairan Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali

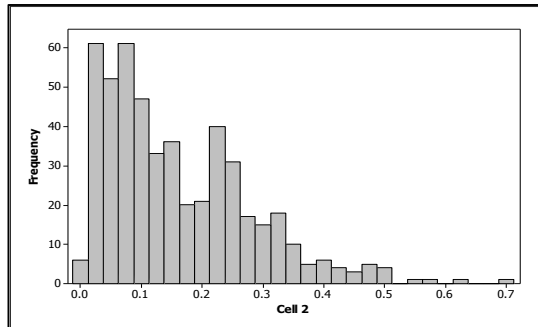
Sebuah turbin pembangkit listrik yang diciptakan memiliki berbagai spesifikasi yang disesuaikan dengan lokasi tempat turbin akan dibangkitkan, pada penelitian yang dilakukan Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Laut (PPPGL) dalam proyek Kajian Hidro-Oseanografi dalam Pembangunan *Pilot plant* Energi Arus Laut di Selat Toyapakeh untuk mendapatkan potensi energi PLT Arus Laut di daerah selat Toyapakeh Nusa Penida Bali dengan membangkitkan turbin dengan tipe *Gorlov*. Turbin Tipe *Gorlov* memiliki *Cutting Speed* sebesar 0.5 m/s dimana turbin hanya akan berputar pada arus minimal 0.5 m/s jika kurang dari arus tersebut maka turbin tidak akan berputar. Untuk mendukung proyek pembangunan *Pilot plant* maka diperlukan perhitungan berapa efisien pembangunan tipe turbin *Gorlov* dalam perairan Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali. Berikut hasil analisisnya.

4.2.1 Analisis Pola Distribusi Kecepatan Arus pada Masing-Masing Jarak di Setiap Lokasi

Setiap peristiwa akan mempunyai peluang masing-masing, dan peluang terjadinya peristiwa tersebut akan mempunyai penyebaran yang mengikuti suatu pola tertentu yang disebut dengan distribusi, dalam peristiwa kecepatan arus untuk mengetahui peluang arus yang ada di selat Toyapakeh Nusa Penida Bali mampu memutar turbin tipe *Gorlov* dengan *cutting speed* 0.5 m/s maka perlu dilakukan analisis distribusi apakah yang sesuai dengan pola persebaran yang diikuti oleh kecepatan arus pada perairan selat Nusa Penida Bali, analisis yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan dengan cara visual, berikut hasil analisisnya

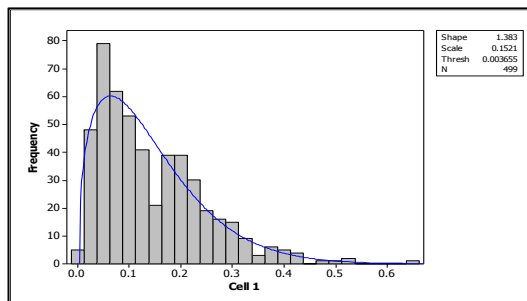
a. Identifikasi Pola Distribusi Kecepatan Arus pada Masing-Masing Jarak di Lokasi 1

Identifikasi pola distribusi kecepatan arus laut pada lokasi 1 dilakukan dengan melihat pola sebaran data dengan Histogram yang ditunjukkan oleh Gambar 4.6 yang selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.



Gambar 4.6 Histogram Kecepatan Arus jarak 3 meter dari Dasar Laut di Lokasi 1

Gambar 4.6 menunjukkan pola sebaran data dari kecepatan arus yang secara jelas tidak menunjukkan pola distribusi Normal karena grafik histogram yang terbentuk tidak membentuk lonceng seperti ciri dari sebaran data yang berdistribusi normal. Dari lokasi 1 mulai dari cell 1 sampai dengan cell 10 yakni jarak 3 meter sampai 21 meter dari dasar laut tersebut membentuk grafik histogram yang condong kearah kiri dan terus merendah kearah kanan. Secara teori kecepatan arus mengikuti distribusi *Weibull*, berikut perbandingan sebaran actual dengan sebaran data yang berdistribusi *weibull* yang di sajikan pada Gambar 4.7 yang selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3

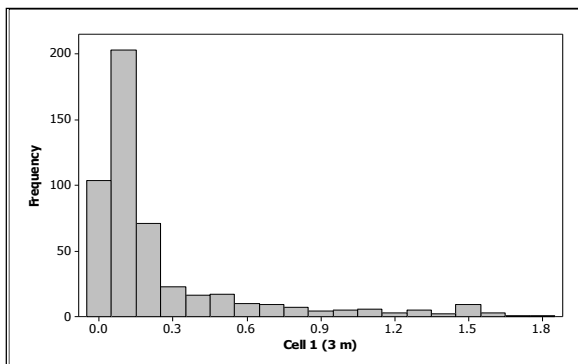


Gambar 4.7 Sebaran Data Aktual Kecepatan Arus di Jarak 3 meter dari Dasar Laut di Lokasi 1 dengan Grafik Berdistribusi *Weibull*

Gambar 4.7 menunjukkan pola persebaran kecepatan arus pada masing-masing jarak pada lokasi 1, dimana data aktual persebaran kecepatan arus pada lokasi 1 mengikuti grafik distribusi *Weibull 3 Parameter*, sehingga perhitungan peluang dari perputaran turbin tipe *Gorlov* dengan *Cutting speed* 0,5 m/s pada lokasi 1 di masing-masing jarak dari jarak 3 m sampai 21 meter dari dasar laut dapat di cari dengan menggunakan distribusi *Weibull 3 Parameter*.

b. Identifikasi pola distribusi kecepatan arus pada masing-masing jarak di lokasi 2

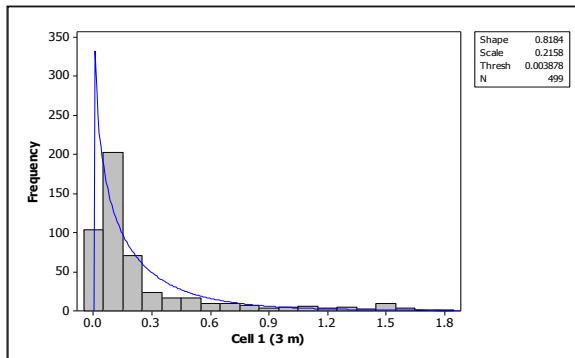
Identifikasi pola distribusi kecepatan arus laut pada lokasi 2 dilakukan dengan melihat pola sebaran data dengan Histogram yang disajikan pada Gambar 4.8 dimana pada Gambar 4.8 adalah gambar Histogram dari jarak 3 meter dari dasar laut untuk gambar Histogram pada kedalaman lainnya selengkapnnya dapat di lihat pada Lampiran 4



Gambar 4.8 Histogram Data Aktual Kecepatan Arus di Jarak 3 meter dari Dasar Laut di Lokasi 2

Gambar 4.8 menunjukkan pola persebaran data kecepatan arus pada lokasi 2 yang lebih condong kearah kiri, dimana banyak data yang memiliki nilai medekati nol yang menyebabkan pola distribusi dari kecepatan arus pada lokasi 2 lebih condong ke arah kiri dan

sangat tidak menyerupai lonceng sehingga cukup jelas jika pola distribusi pada lokasi 2 pada masing-masing jarak dari jarak 3 m sampai 31 m tidak berdistribusi normal, seperti pada pola data yang terjadi pada lokasi 1 maka berikut akan di sajikan perbandingan sebaran data aktual pada lokasi 2 dengan grafik yang mengikuti distribusi Weibull.



Gambar 4.9. Perbandingan Sebaran Data Aktual Kecepatan Arus di Masing-Masing Jarak di Lokasi 2 dengan Grafik Berdistribusi *Weibull*

Gambar 4.9 menunjukkan perbandingan kecepatan arus aktual dengan , dimana data atual persebaran kecepatan arus pada lokasi 1 mengikuti grafik distribusi *Weibull 3 Parameter*, sehingga perhitungan peluang dari perputaran turbin tipe *Gorlov* dengan *Cutting speed* 0,5 m/s pada lokasi 1 di masing-masing jarak dari jarak 3 m sampai 21 meter dari dasar laut dapat di cari dengan menggunakan distribusi *Weibull 3 Parameter*.

4.2.2 Peluang Pembangkitan Arus dengan menggunakan distribusi *Weibull*

Pemilihan lokasi yang paling berpotensi dalam pembangkitan PLT Arus laut dapat dilihat dari tinggi rendahnya peluang turbin tipe *Gorlov* dengan *Cutting speed* 0,5 m/s berputar.

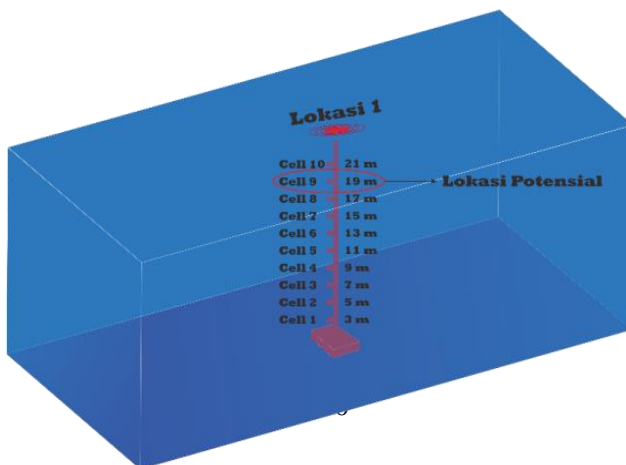
Jarak yang terpilih itulah yang akan dilakukan pemodelan pada analisis selanjutnya, dengan menggunakan distribusi *Weibull* 3 parameter berikut hasil dari lokasi 1 dan lokasi 2 di masing-masing jarak.

a. Lokasi 1 (08° 40' 29.6" LS dan 115° 30' 53.6" BT)

Hasil perhitungan estimasi parameter dalam perhitungan peluang perputaran turbin pada lokasi 1 di masing-masing jarak adalah sebagai berikut.

Tabel 4.1. Peluang Perputaran Turbin pada Lokasi 1

Jarak	α	β	γ	Peluang
3 meter	1,3826	0,15214	0,00366	0,0059237
5 meter	1,2683	0,16786	0,00457	0,0193339
7 meter	1,27	0,18314	0,00275	0,0285637
9 meter	1,2042	0,18299	0,00677	0,0368716
11 meter	1,2647	0,19384	0,00176	0,0368812
13 meter	1,2665	0,1925	0,00475	0,0365341
15 meter	1,2956	0,19365	0,00369	0,0338779
17 meter	1,2978	0,20776	0,00874	0,0471092
19 meter	1,1672	0,25046	0,00487	0,1091006
21 meter	1,4051	0,21743	0,00764	0,0427129



Gambar 4.10. Jarak yang Terpilih pada Lokasi 1

Tabel 4.1 menunjukkan hasil perhitungan peluang dari estimasi parameter yang terbentuk pada masing-masing jarak di lokasi 1 dan pada Gambar 4.10 menunjukkan posisi jarak yang terpilih, dapat dilihat bahwa pada jarak 19 meter dari dasar laut memiliki efisiensi peluang berputarnya turbin tipe *Gorlov* dengan *Cutting speed* 0,5 m/s sebesar 10,9 % jika dibandingkan dengan jarak yang lain yang hampir tidak mencapai 5 %, sehingga pada lokasi 1 koordinat $08^{\circ} 40' 29.6''$ LS dan $115^{\circ} 30' 53.6''$ BT sebagai jarak yang paling berpeluang menghasilkan listrik terbesar pada jarak 19 meter dari dasar laut.

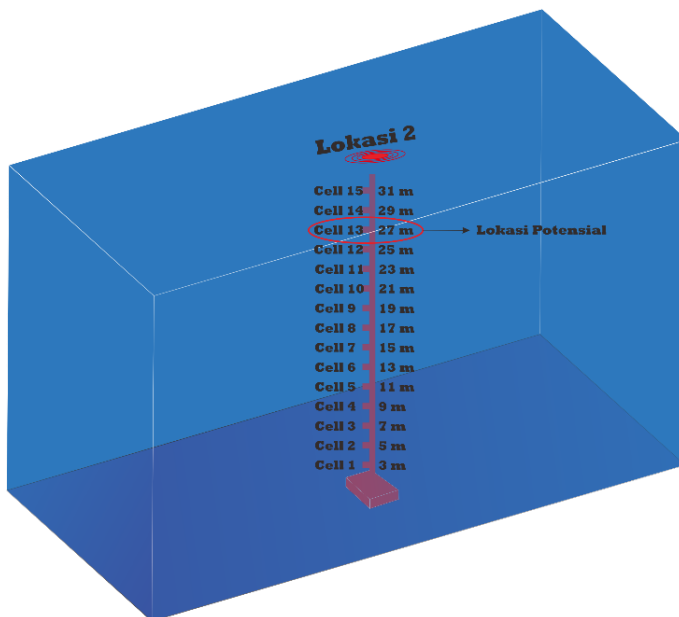
b. Lokasi 2 ($08^{\circ} 40' 25.2''$ LS dan $115^{\circ} 29' 16.2''$ BT)

Hasil perhitungan estimasi parameter dalam perhitungan peluang perputaran turbin pada lokasi 2 di masing-masing jarak adalah sebagai berikut.

Tabel 4.2. Peluang Perputaran Turbin pada Lokasi 2

Jarak	α	β	γ	Peluang
3 meter	0,82136	0,20947	0,004	0,1313428
5 meter	0,81585	0,23298	0,003	0,1563851
7 meter	0,78522	0,23472	0,008	0,1672848
9 meter	0,79842	0,2424	0,002	0,1691615
11 meter	0,80814	0,27075	0,003	0,1952021
13 meter	0,82654	0,29379	0,004	0,2140229
15 meter	0,83866	0,33207	0,001	0,2448447
17 meter	0,84182	0,36111	0,001	0,2690296
19 meter	0,84584	0,38929	0,006	0,2942805
21 meter	0,88887	0,37343	0,001	0,2741991
23 meter	0,88721	0,42525	0,006	0,3191164

25 meter	0,94141	0,46489	0,005	0,3461579
27 meter	1,0204	0,51662	0,0039	0,3830895
29 meter	0,99363	0,50255	0,013	0,3793668
31 meter	0,94342	0,46732	0,008	0,350025



Gambar 4.11. Jarak yang Terpilih pada Lokasi 2

Tabel 4.2 menunjukkan hasil perhitungan peluang dari estimasi parameter yang terbentuk pada masing-masing jarak di lokasi 2 dan pada Gambar 4.11 menunjukkan posisi jarak yang terpilih pada lokasi 2, dapat dilihat bahwa pada jarak 27 meter dari dasar laut memiliki efisiensi peluang berputarnya turbin tipe *Gorlov* dengan *Cutting speed* 0,5 m/s sebesar 38,3 % jika dibandingkan dengan titik jarak yang lain, sehingga pada lokasi 2 koordinat 08°40'25.2" LS dan

115°29'16.2" BT sebagai jarak yang paling berpotensi menghasilkan listrik terbesar pada jarak 27 meter dari dasar laut.

4.3 Pemodelan Kecepatan Arus di Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali

Pada bagian ini akan dibahas hasil analisis deskriptif dan deret waktu pada data kecepatan arus di lokasi potensial yang sudah terpilih pada tahapan sebelumnya. Analisis deret waktu yang digunakan pada bagian ini menggunakan analisis multivariat *time series* dengan VAR (*Vector Autoregressive*).

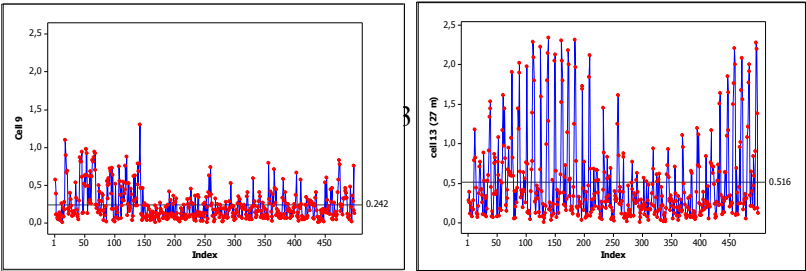
4.3.1 Statistika Deskriptif di Lokasi Potensial

Kondisi karakteristik lokasi jarak potensial pada masing-masing koordinat disajikan pada Tabel 4.3. dimana menunjukan bahwa kecepatan arus pada lokasi 1 ada 50% pengamatan yang berada di atas 0.176 m/s dengan rata-rata kecepatan arus sebesar 0,242 m/s. sedangkan pada lokasi 2 ada 50 % pengamatan kecepatan arus yang lebih dari 0.309 m/s dengan rata-rata kecepatan arus sebesar 0,516 m/s, nilai standart deviasi berbanding lurus dengan ragam data kecepatan arus di tiap lokasi karena standart deviasi merupakan akar dari ragam data, dimana pada lokasi 2 memiliki ragam data kecepatan arus 2 kali lebih tinggi dari pada lokasi 1 sebesar 0,5365 dan lokasi 1 sebesar 0,2134.

Tabel 4.3. Karakteristik Data pada Lokasi Potensial

Variable	Mean	Median	StDev	Minimum	Maximum
lokasi 1	0,242	0,176	0,21341	0,005	1,305
lokasi 2	0,516	0,309	0,5365	0,004	2,339

Grafik pergerakan data kecepatan arus yang terjadi pada lokasi 1 dan lokasi 2 dapat dilihat Gambar 4.12, sebagai berikut.



(a)

(b)

Gambar 4.12. (a) Plot Kecepatan Arus Lokasi 1 dan (b) Plot Kecepatan Arus Lokasi 2

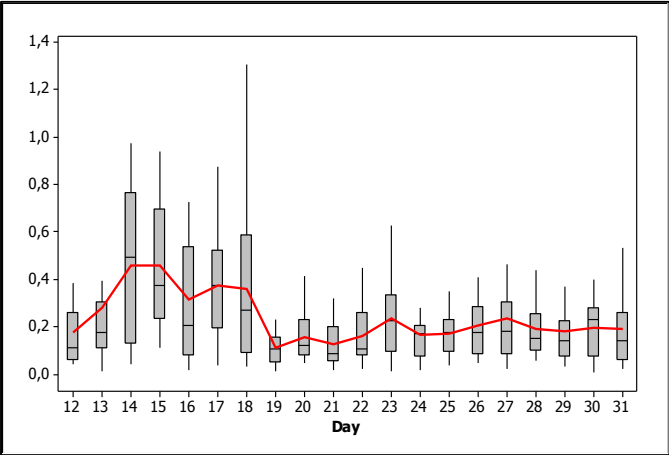
Pada Gambar 4.2 menunjukan bahwa pola pergerakan arus pada kedua lokasi memiliki kecenderungan pola yang mirip namun pada lokasi 2 lebih fluktuatif arusnya dibandingkan dengan lokasi 1 yang lebih tenang. Hasil analisis statistika deskriptif data kecepatan arus di selat Toyapakeh Nusa Penida Bali berdasarkan hari dari masing-masing lokasi di sajikan pada Tabel 4.4 adalah sebagai berikut,

Tabel 4.4. Rata-Rata Kecepatan Arus per Hari pada Lokasi 1 dan Lokasi 2

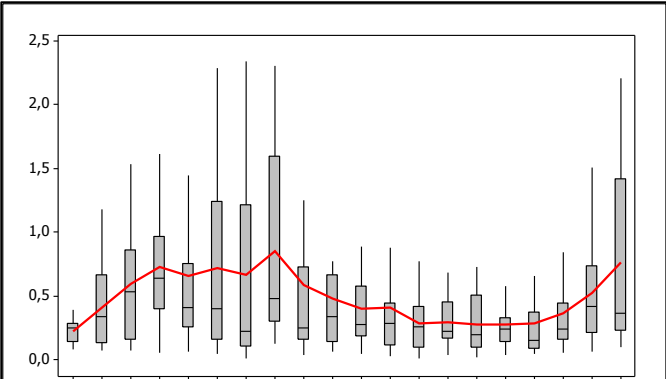
Tanggal	Lokasi 1	Lokasi 2
12	0,1738889	0,2218889
13	0,2792083	0,4038333
14	0,45875	0,7284583
15	0,3133333	0,657375
16	0,37175	0,7184167
17	0,3603333	0,6652917
18	0,106125	0,7900833
19	0,1572917	0,581
20	0,1258333	0,48
21	0,1585417	0,3940833
22	0,2345	0,4028333
23	0,164	0,278375
24	0,1680833	0,289875
25	0,2052083	0,27075
26	0,2346667	0,2746667
27	0,1895417	0,2799583
28	0,1776667	0,3614583

29	0,1959167	0,5234167
30	0,19175	0,7606667
31	0,2958333	0,8008333

Tabel 4.4 menunjukan kedua lokasi terlihat bahwa rata-rata kecepatan arus selama tanggal 12 Agustus sampai 31 Agustus memiliki rata-rata kecepatan arus yag cukup flukuatif, dimana pada lokasi satu memiliki kecepatan rata-rata tertinggi terjadi pada tanggal 14 agustus, namun pada lokasi 2 terjadi rata-rata kecepatan tertinggi pada tanggal 31 Agustus. Untuk mengetahui pola flukuatif rata-rata kecepatan darai lokasi 1 dan lokasi 2 pada tanggal 12 Agustus sampai 31 agustus dapat dilihat pada boxplot seperti pada gambar berikut,



Gambar 4.13. Boxplot Kecepatan Arus Lokasi 1 per Hari



Gambar 4.14. *Boxplot* Kecepatan Arus Lokasi 2 per Hari

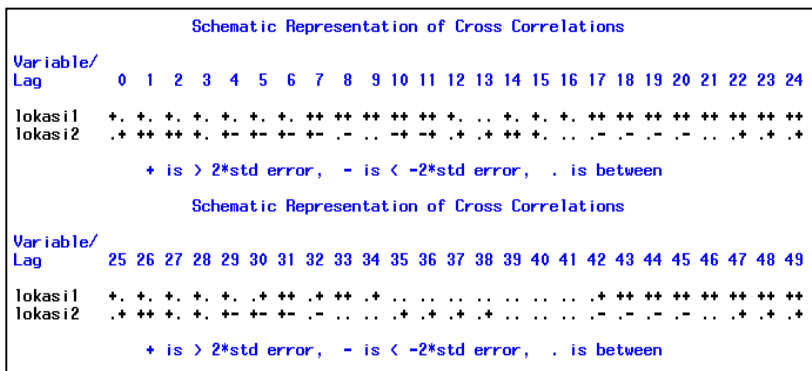
Gambar 4.13 dan Gambar 4.14 menunjukkan pola pergerakan rata-rata kecepatan per hari dimana pada tanggal 12 sampai tanggal 18 Agustus kedua lokasi memiliki pola yang sama yakni sama-sama memiliki kecepatan arus yang cukup tinggi. Namun, pada lokasi 1 tanggal 19 Agustus sudah mengalami penurunan sedangkan pada lokasi 2 baru pada tanggal 20 Agustus mengalami penurunan kecepatan arus. Kemudian di kedua lokasi dari tanggal 20 sampai tanggal 28 mengalami arus yang cenderung stabil dan rendah, pada lokasi 1 terus bertahan pada kondisi tersebut sampai akhir bulan sedangkan pada lokasi 2 kembali naik pada tanggal 29 Agustus. Dari data *Boxplot* diatas secara keseluruhan kedua lokasi memiliki pola yang hampir sama saat naik dan turunnya kecepatan arus di kedua lokasi. Sehingga di mungkinakan kedua lokasi dalam proses terjadinya arus saling mempengaruhi.

4.3.2 Pemodelan Data Kecepatan Arus Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali Secara Multivariat Menggunakan VAR (*Vector Autoregressive*)

Pemodelan VAR di kedua lokasi pengukuran kecepatan arus menggunakan skenario data *in sample* dan *out sample*. Data *in sample* yang digunakan adalah data dari tanggal 12 Agustus sampai 6 september 2015, sedangkan data *out sample* yang digunakan adalah data tanggal 7-8 September 2015.

4.3.2.1 Identifikasi Orde Model VAR (*Vector Autoregressive*)

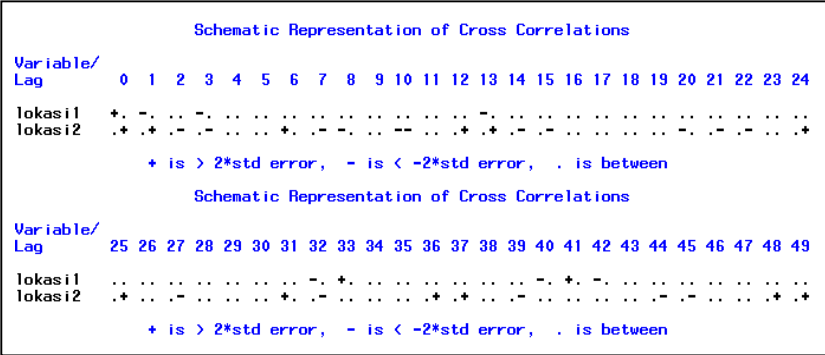
Langkah awal dalam pemodelan VAR adalah melakukan identifikasi terhadap data kecepatan arus di kedua lokasi yang digunakan. Identifikasi ini bertujuan untuk mengetahui apakah data yang di gunakan sudah stasioner atau belum data yang di identifikasi adalah data *In sample*. Proses stasioneritas pada data kecepatan arus di kedua lokasi dilakukan secara visual dengan memperhatikan plot MCCF yang terbentuk seperti Gambar 4.15. Gambar tersebut menunjukkan bahwa data kecepatan arus di kedua lokasi tersebut adalah tidak stasioner, hal ini di karenakan masih terdapat banyak tanda positif (+) dan negatif (-) yang muncul secara bersamaan dalam plot MCCF, untuk mengatasi ini dilakukan *differencing* 1 pada data kecepatan arus. Karena tanda positif (+) dan negatif (-) yang bermunculan tidak mengindikasikan adanya pola musiman ataupun trend naik maupun trend turun.



Gambar 4.15. Representasi Skematik MCCF data Kecepatan arus sebelum *differencing*

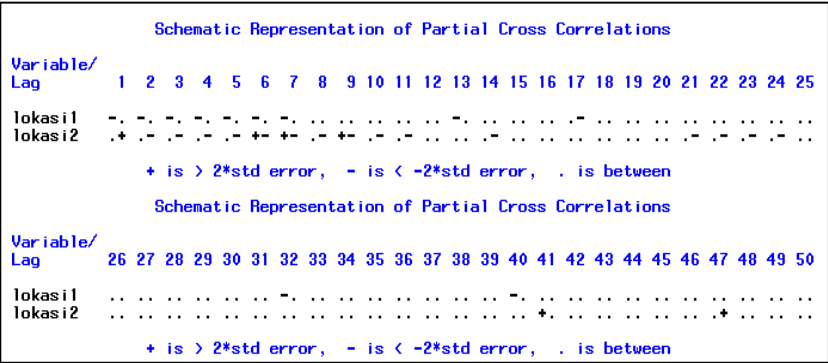
Setelah dilakukan *differencing* 1 data kecepatan arus di kedua lokasi menunjukkan sudah stasioner, hal ini di tunjukan dengan banyaknya tanda titik (.) yang muncul dalam plot MCCF dan tanda positif (+) dan negatif (-) yang bermunculan sebelumnya sudah

terkendali seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.16 sebagai berikut.



Gambar 4.16. Representasi Skematik MCCF data Kecepatan arus setelah *differencing*

Setelah data kecepatan arus dikedua lokasi memenuhi asumsi stasioneritas, maka langkah selanjutnya adalah melakukan identifikasi untuk menentukan orde dari model VAR, penentuan model dilakukan dengan melihat plot MPCCF dari data yang sudah stationer dan juga melihat nilai AIC dari data yang sudah stasioner seperti ditunjukkan pada Gambar 4.17 dan Tabel 4.5



Gambar 4.17. Representasi Skematik MPCCF data Kecepatan arus setelah *differencing*

Tabel 4.5. Nilai AIC Model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0)

Lag	MA 0	Lag	MA 0
AR 0	-4.772.864	AR 13	-5.513.481
AR 1	-4.897.556	AR 14	-5.521.544
AR 2	-4.990.873	AR 15	-5.509.721
AR 3	-5.015.314	AR 16	-5.512.719
AR 4	-502.677	AR 17	-5.504.632
AR 5	-5.056.857	AR 18	-5.488.403
AR 6	-5.120.673	AR 19	-5.477.832
AR 7	-5.228.193	AR 20	-5.474.789
AR 8	-5.238.138	AR 21	-5.468.914
AR 9	-5.328.666	AR 22	-5.519.953
AR 10	-5.435.256	AR 23	-561.836
AR 11	-5.533.663	AR 24	-5.620.409
AR 12	-5.513.793	AR 25	-5.598.622

Gambar 4.15 menunjukkan *Cut off* atau signifikan pada lag 1 sampai 11, hal ini dapat dilihat dari kedua tanda negatif (-) yang muncul pada lag 1 sampai 11 sementara itu, nilai AIC terkecil terletak pada orde AR 24 dan MA 0. oleh karena itu, berdasarkan plot MPCCF dan nilai AIC terkecil maka model VAR yang terbentuk adalah VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0).

4.3.2.2 Estimasi Parameter yang di Hasilkan Model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0)

Estimasi parameter VAR ([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0) memiliki 48 parameter dapat di lihat pada Lampiran 12. Akan tetapi, jika dilihat dari nilai *Pvalue* yang melebihi 0,1 bahwa tidak semua parameter memiliki pengaruh yang signifikan terhadap model.. Untuk mengatasi adanya parameter-parameter yang tidak signifikan terhadap model, maka dilakukan *restrict* terhadap parameter-parameter yang tidak signifikan. Berdasarkan Lampiran 12 dapat diketahui bahwa dari 48 parameter, terdapat 23 parameter yang signifikan masuk model seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.6.

Sehingga dapat dibentuk persamaan matematis model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8, 9,10,11,24],1,0) dalam bentuk matriks sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
\begin{bmatrix} Y_{1,t}^* \\ Y_{2,t}^* \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} -0,544 & 0 \\ 0 & 0,235 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{1,t-1}^* \\ Y_{2,t-1}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0,872 & 0 \\ 0 & -0,554 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{1,t-2}^* \\ Y_{2,t-2}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0,385 & 0 \\ 0 & -0,432 \end{bmatrix} \\
\begin{bmatrix} Y_{1,t-3}^* \\ Y_{2,t-3}^* \end{bmatrix} &+ \begin{bmatrix} -0,301 & 0 \\ 0 & 0,466 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{1,t-4}^* \\ Y_{2,t-4}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0,293 & 0,035 \\ 0 & -0,422 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{1,t-5}^* \\ Y_{2,t-5}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0,256 & 0,048 \\ 0 & -0,446 \end{bmatrix} \\
\begin{bmatrix} Y_{1,t-6}^* \\ Z_{2,t-6}^* \end{bmatrix} &+ \begin{bmatrix} -0,125 & 0,760 \\ 0 & -0,489 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{1,t-7}^* \\ Y_{2,t-7}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -0,382 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{1,t-8}^* \\ Y_{2,t-8}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0,0423 \\ 0 & -0,4339 \end{bmatrix} \\
\begin{bmatrix} Y_{1,t-9}^* \\ Y_{2,t-9}^* \end{bmatrix} &+ \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -0,349 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{1,t-10}^* \\ Y_{2,t-10}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -0,323 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{1,t-11}^* \\ Y_{2,t-11}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0,146 \end{bmatrix} \\
\begin{bmatrix} Y_{1,t-24}^* \\ Y_{2,t-24}^* \end{bmatrix} &+ \begin{bmatrix} e_{1,t} \\ e_{2,t} \end{bmatrix}
\end{aligned}$$

dimana,

$$Y_{i,t}^* = (1 - B)Y_{i,t}$$

$$Y_{i,t}^* = Y_{i,t} - Y_{i,t-1}$$

Tabel 4.6. Estimasi Parameter Model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0)
Setelah di *Restrict*

Lokasi	Parameter	Estimasi	Standard Error	t-value	P-value	Variabel
Lokasi 1 ($Y_{1,t}$)	ϕ_{11}^1	-0,54395	0,04591	-11,85	0,0001	($Y_{1,t-1}$)
	ϕ_{11}^2	-0,37150	0,05094	-7,29	0,0001	($Y_{1,t-2}$)
	ϕ_{11}^3	-0,38521	0,05150	-7,48	0,0001	($Y_{1,t-3}$)
	ϕ_{11}^4	-0,30126	0,05157	-5,84	0,0001	($Y_{1,t-4}$)
	ϕ_{11}^5	-0,29240	0,05008	-5,84	0,0001	($Y_{1,t-5}$)
	ϕ_{12}^5	0,03457	0,01927	1,79	0,0736	($Y_{2,t-5}$)
	ϕ_{11}^6	-0,25656	0,04927	-5,21	0,0001	($Y_{1,t-6}$)
	ϕ_{12}^6	0,04784	0,01852	2,58	0,0101	($Y_{2,t-6}$)
	ϕ_{11}^7	-0,12569	0,04483	-2,80	0,0053	($Y_{1,t-7}$)
	ϕ_{12}^7	0,07605	0,02028	3,75	0,0002	($Y_{2,t-7}$)

	ϕ_{12}^9	0,04236	0,01982	2,14	0,0332	$(Y_{2,t-9})$
	ϕ_{22}^1	-0,23625	0,04504	-5,22	0,0001	$(Y_{2,t-1})$
	ϕ_{22}^2	-0,55359	0,04417	-12,53	0,0001	$(Y_{2,t-2})$
	ϕ_{22}^3	-0,43247	0,04789	-9,03	0,0001	$(Y_{2,t-3})$
	ϕ_{22}^4	-0,46590	0,04911	-9,49	0,0001	$(Y_{2,t-4})$
	ϕ_{22}^5	-0,42200	0,04884	-8,64	0,0001	$(Y_{2,t-5})$
	ϕ_{22}^6	-0,44638	0,04805	-9,29	0,0001	$(Y_{2,t-6})$
	ϕ_{22}^7	-0,48891	0,04882	-10,01	0,0001	$(Y_{2,t-7})$
	ϕ_{22}^8	-0,38219	0,04871	-7,85	0,0001	$(Y_{2,t-8})$
	ϕ_{22}^9	-0,43986	0,04777	-9,21	0,0001	$(Y_{2,t-9})$
	ϕ_{22}^{10}	-0,34976	0,04505	-7,76	0,0001	$(Y_{2,t-10})$
	ϕ_{22}^{11}	-0,32303	0,04498	-7,18	0,0001	$(Y_{2,t-11})$
	ϕ_{22}^{24}	0,14611	0,04230	3,45	0,0006	$(Y_{2,t-24})$

Berdasarkan model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0) dalam bentuk matriks maka dapat diperoleh persamaan model VAR untuk masing-masing lokasi yaitu lokasi 1 dan lokasi 2. Persamaan model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0) untuk lokasi 1 pada koordinat 08° 40' 29.6" LS dan 115° 30' 53.6" BT pada jarak 19 meter dari dasar laut adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
Y_{1,t} = & Y_{1,t-1} - 0,544Y_{1,t-1} + 0,544Y_{1,t-2} - 0,872Y_{1,t-2} + 0,872Y_{1,t-3} - 0,385Y_{1,t-3} \\
& + 0,385Y_{1,t-4} - 0,301Y_{1,t-4} + 0,301Y_{1,t-5} - 0,293Y_{1,t-5} + 0,293Y_{1,t-6} + 0,035Y_{2,t-5} \\
& - 0,035Y_{2,t-6} - 0,256Y_{1,t-6} + 0,256Y_{1,t-7} + 0,046Y_{2,t-6} - 0,046Y_{2,t-7} - 0,125Y_{1,t-7} \\
& + 0,125Y_{1,t-8} + 0,760Y_{2,t-7} - 0,760Y_{2,t-8} + 0,0423Y_{1,t-9} - 0,0423Y_{1,t-10}
\end{aligned}$$

Persamaan model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0)

untuk kecepatan arus pada lokasi 1 laut menunjukkan bahwa kecepatan arus di lokasi 1 tersebut dipengaruhi oleh kecepatan arus dilokasi yang sama pada 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam, 6 jam, 7 jam, 8 jam, 9 jam dan 10 jam sebelumnya. Selain itu kecepatan arus pada lokasi 1 di pengaruhi juga oleh kecepatan arus dari lokasi 2 pada 5 jam, 6 jam, 7 jam dan 8 jam sebelumnya. Persamaan model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0) untuk lokasi 2 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
Y_{2,t} = & Y_{2,t-1} + 0,235Y_{2,t-1} - 0,235Y_{2,t-2} - 0,554Y_{2,t-2} + 0,554Y_{2,t-3} - 0,432Y_{2,t-3} \\
& + 0,432Y_{2,t-4} + 0,466Y_{2,t-4} - 0,466Y_{2,t-5} - 0,422Y_{2,t-5} + 0,422Y_{2,t-6} - 0,446Y_{2,t-6} \\
& + 0,446Y_{2,t-7} - 0,489Y_{2,t-7} + 0,489Y_{2,t-8} - 0,382Y_{2,t-8} + 0,382Y_{2,t-9} - 0,4339Y_{2,t-9} \\
& + 0,4339Y_{2,t-10} - 0,349Y_{2,t-10} + 0,349Y_{2,t-11} - 0,323Y_{2,t-11} + 0,323Y_{2,t-12} \\
& + 0,146Y_{2,t-24} - 0,146Y_{2,t-25}
\end{aligned}$$

Sedangkan persamaan model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0) untuk kecepatan arus pada lokasi 2. Pada persamaan model VAR([1,2,3,4,5, 6,7,8,9,10,11,24],1,0) kecepatan arus di lokasi 2 menunjukkan bahwa di lokasi tersebut di pengaruhi oleh kecepatan arus di lokasi yang sama pada 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam, 6 jam, 7 jam, 8 jam, 9 jam, 10 jam, 11 jam, 12 jam, 24 jam dan 25 jam sebelumnya. Dari lokasi 2 tidak dipengaruhi oleh deret waktu dari lokasi 1 yang saling mempengaruhi dalam model yang terbentuk.

4.3.2.3 Pengujian Asumsi *White Noised* dan Distribusi Normal Multivariat pada Residual yang di Hasilkan Model VAR ([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0)

Setelah mendapatkan semua parameter yang telah signifikan, maka langkah selanjutnya adalah pengujian asumsi apakah model sudah memenuhi asumsi *white noise* dan berdistribusi normal *multivariate*.

a. Asumsi *White Noise*

Pemeriksaan apakah model sudah memenuhi Asumsi *white noise* maka dilakukan pengujian dengan memodelkan ulang residual dari model. Selanjutnya dilakukan pengecekan dimana letak AIC terkecil. Jika letak AIC terkecil terdapat pada lag AR 0 dan MA 0, maka residual dapat dikatakan sudah memenuhi asumsi *white noise*.

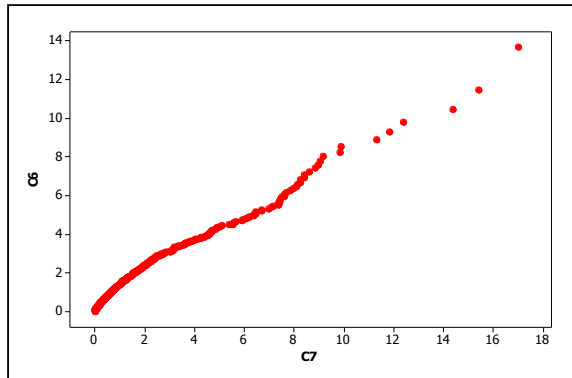
Tabel 4.7.Nilai AIC dari Residual Model VAR(1)

Lag	MA 0	MA 1
AR 0	-5.675.346	-5.642.233
AR 1	-5.657.761	-5.638.414
AR 2	-5.643.522	-5.625.946
AR 3	-5.630.743	-5.610.511
AR 4	-5.616.264	-559.776
AR 5	-561.268	-5.598.101
AR 6	-5.596.586	-5.577.913
AR 7	-5.588.737	-5.569.849
AR 8	-5.587.352	-5.568.246
AR 9	-5.571.858	-5.552.528
AR 10	-5.562.314	-5.542.758

Berdasarkan Tabel 4.7 dapat diketahui bahwa nilai AIC terkecil terletak pada AR 0 dan MA 0. Hal ini menunjukan bahwa residual sudah memenuhi asumsi *white noise*.

b. Asumsi Distribusi *Normal Multivariate*

Pengujian distribusi normal *multivariate* digunakan dengan melibatkan semua variable residual dari lokasi 1 dan lokasi 2 yang dapat dibuktikan dengan melihat Q-Q plot. Berikut hasil analisisnya.

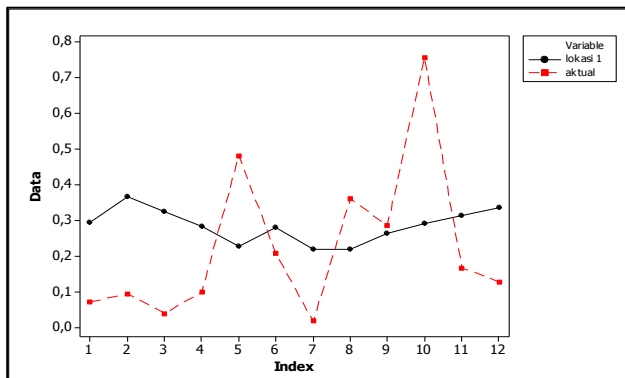


Gambar 4.18 Q-Q Plot

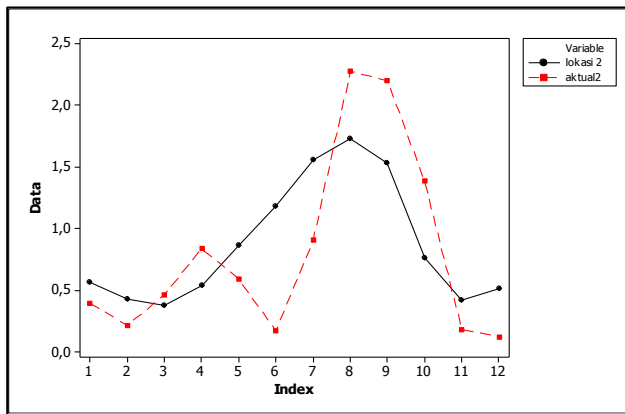
Secara visual sesuai dengan gambar 4.16, ditunjukkan bahwa *plot* yang terbentuk telah mengikuti garis normal, sehingga dapat disimpulkan data telah berdistribusi normal multivariat. Selain itu sesuai dengan Lampiran 16 diperoleh nilai proporsi $d_i^2 \leq \chi_{(2,0,996)}^2$ sebesar 0,59 setara dengan 59% yang berada pada sekitar 50% yang berarti bahwa data berdistribusi normal multivariat.

4.3.2.4 Peramalan Kecepatan Arus Selat Toyapakeh Menggunakan data *outsampel* Model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0)

Selanjutnya adalah melakukan peramalan untuk data *out sampel* sebanyak 12 jam setelah tanggal 30 Agustus 2015. Gambar 4.19 dan Gambar 4.20 membandingkan pola grafik hasil ramalan model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0) dengan data *out sampel* yaitu tanggal 12 Agustus sampai 30 Agustus 2015. menunjukkan bahwa warna merah merupakan data aktual dan yang warna hitam menunjukkan data hasil ramalan.



Gambar 4.19. Plot *Time Series* Hasil Ramalan Kecepatan Arus Selat Toyapakeh di Lokasi 1



Gambar 4.20. Plot *Time Series* Hasil Ramalan Kecepatan Arus Selat Toyapakeh di Lokasi 2

Selanjutnya akan di hitung nilai RMSE yang dihasilkan dari peramalan data *Outsample* pada data kecepatan arus di ke dua lokasi ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Nilai RMSE Hasil Model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0)

Lokasi	RMSE
1	0,233
2	0,501

Berdasarkan Tabel 4.9, dapat diketahui bahwa RMSE hasil peramalan data *out sample* kecepatan arus di lokasi 1 adalah sebesar 0,233. Sementara pada lokasi 2 sebesar 0,501.

4.3.2.5 Peramalan Kecepatan Arus Menggunakan Model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0)

Setelah mendapatkan model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,24],1,0), serta model pada lokasi 1 dan lokasi 2 maka langkah selanjutnya adalah meramalkan data kecepatan arus pada 12 jam setelahnya yakni pada tanggal 2 September 2015 pada jam 12.00 sampai pada pukul 23.00 waktu setempat.

a. Peramalan pada Lokasi 1 (08° 40' 29.6" LS dan 115° 30' 53.6" BT)

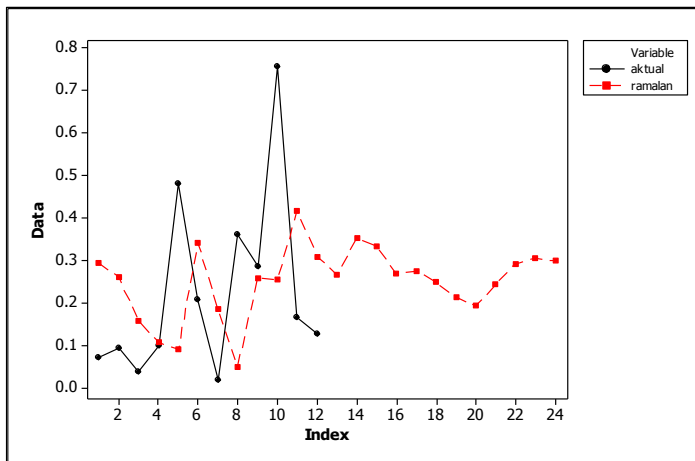
Berikut merupakan hasil ramalan data kecepatan arus di selat Toyapakeh Nusa Penida Bali, pada lokasi 1 dengan menggunakan model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,24],1,0), yang akan di tampilkan pada Tabel 4.10. Hasil pada tabel tersebut merupakan ramalan 12 jam kedepan dari lokasi 1.

Tabel 4.10 Hasil Peramalan Lokasi 1 Model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0)

t	Kecepatan arus pada Lokasi 1 (m/s)	t	Kecepatan arus pada Lokasi 1 (m/s)
1	0.2677837	7	0.2131636
2	0.3521826	8	0.1932938
3	0.3324961	9	0.2433712
4	0.2692407	10	0.2921998
5	0.2759891	11	0.3050136
6	0.2491498	12	0.2988055

Tabel 4.10 menunjukan hasil ramalan dari model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,24],1,0) pada lokasi 1 di ketahui bahwa kecepatan arus yang di dihasilkan masih belum melebihi kecepatan 0,5 m/s sehingga dengan kondisi *cutting speed* dari turbin tetap pada 0,5 m/s maka efesiensi daya yang di dihasilkan kecepatan arus untuk memutar turbin sangat kurang optimal namun, seperti yang di tunjukan oleh *time series plot* pada Gambar 4.21 dimana plot berwarna hitam merupakan data aktual kecepatan arus periode jam 00.00 pada tanggal 8 september 2015 sampai dengan jam 12.00 tanggal 08 September 2015 dan plot berwarna merah merupakan *forecast* data kecepatan arus periode jam 00.00 pada tanggal 08 September 2015

sampai dengan jam 23.00 tanggal 08 September 2015. Pada hasil ramalan jam ke 13.00 memiliki kecepatan arus mencapai 0,321m/s kemudian pada jam ke 19.00 hanya mencapai 0,1932 m/s range antara arus terendah dengan arus tertinggi pada lokasi 1 sangat kecil hal ini menunjukkan kecepatan arus pada lokasi 1 cukup stabil dan baik untuk di pasang turbin pembangkit listrik dengan syarat *cutting speed* turbin kurang dari 0,5 m/s.



Gambar 4.21 Time Series Plot Hasil Peramalan Lokasi 1 Model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0)

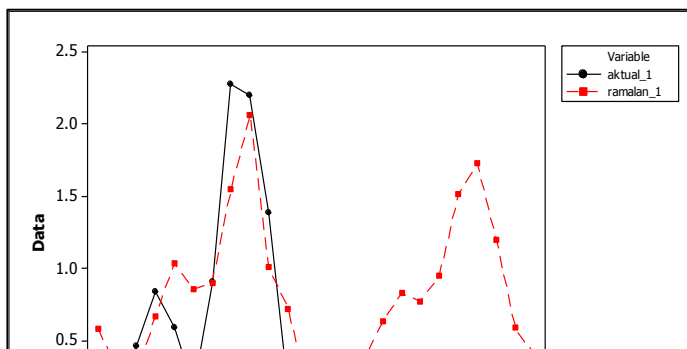
b. Peramalan pada Lokasi 2 (08° 40' 25.2" LS dan 115° 29' 16.2" BT)

Berikut merupakan hasil ramalan data kecepatan arus di selat Toyapakeh Nusa Penida Bali, pada lokasi 2 dengan menggunakan model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,24],1,0), yang akan di tampilkan pada Table 4.11. Tabel tersebut merupakan ramalan 12 jam kedepan dari lokasi 2.

Tabel 4.11 Hasil Peramalan Lokasi 2 Model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0)

t	Kecepatan arus pada Lokasi 2 (m/s)	t	Kecepatan arus pada Lokasi 2 (m/s)
1	0.391473	7	0.948497
2	0.385418	8	1.515532
3	0.370027	9	1.730519
4	0.630861	10	1.196741
5	0.827425	11	0.588315
6	0.774596	12	0.403849

Tabel 4.11 menunjukkan hasil ramalan dari model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,24],1,0) pada lokasi 2 sudah mampu melebihi 0,5 m/s sehingga dengan kondisi *cutting speed* dari turbin tetap pada 0,5 m/s maka efesiensi daya yang dihasilkan kecepatan arus untuk memutar turbin pada lokasi 2 lebih optimal dari lokasi 1. Namun pada lokasi 2 ini memiliki arus yang kurang stabil yang di tunjukan pada Gambar 4.22. Dapat dilihat pada Gambar 4.22 bahwa pola yang di tunjukan oleh *time series plot* dimana plot berwarna hitam merupakan data aktual kecepatan arus periode jam 00.00 pada tanggal 8 september 2015 sampai dengan jam 12.00 tanggal 08 September 2015 dan plot berwarna merah merupakan *forecast* data kecepatan arus periode jam 00.00 pada tanggal 08 September 2015 sampai dengan jam 23.00 tanggal 08 September 2015, menunjukan kedua garis sangat berhimpitan yang menunjukan model mampu mendekati nilai aktual dari data kecepatan arus. Pada hasil ramalan jam ke 20.00 memiliki kecepatan arus mencapai 1,7305 m/s kemudian pada jam ke 15.00 hanya mencapai 0,37 m/s range anatara arus terendah dengan arus tertinggi pada lokasi 2 sangat jauh hal ini menunjukan kecepatan arus pada lokasi 2 kurang stabil, berpotensi dalam hal kecepatan namun tidak menguntungkan dalam prospek pembangunan turbin itu sendiri, karena kecepatan arus yang terlalu berfluktuatif dan kurang stabil.



Tabel 4.22 *Time Series Plot* Hasil Peramalan Lokasi 2 Model
VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0)

Sehingga dengan mempertimbangkan kecepatan arus yang di hasilkan, dan kesabilan arus di setiap lokasi, maka lokasi yang sesuai dan berpotensi dari kedua lokasi tersebut adalah lokasi 1, karena arus yang di hasilkan pada lokasi satu cukup stabil. Agar kecepatan arus yang dihasilkan dapat memutar tubin dengan harapan mampu menghasilkan energi arus laut yang terkonversi dalam energi listrik maka *cutting speed* dari turbin yang akan di pasang pada selat Toyapakeh Nusa Penida Bali sebaiknya kurang dari 0,5 m/s yang di sesuaikan dengan kecepatan rata-rata pada lokasi 1.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis dan pembahasan mengenai Peluang pembangkitan pusat listrik tenaga arus laut di selat Toyapekeh Nusa Penida Bali, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Kondisi arus pada lokasi 1 memiliki rata-rata yang lebih rendah dibandingkan dengan lokasi 2 namun kondisi arus pada lokasi 1 lebih cenderung stabil dari pada lokasi 2 yang di tunjukan dari pola *time series* plot pada lokasi 2 cenderung lebih fluktuatif dari pada lokasi 1
2. Analisis VAR (*Vektor Autoregressive*) mendapatkan model terbaik yakni VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0) dengan residual data telah memenuhi asumsi *White Noise* dan berdistribusi normal *multivariate*. Hasil ramalan pada lokasi 2 memiliki kecepatan arus yang cenderung stabil dan memiliki rata-rata kecepatan arus yang kurang dari 0,5 m/s, sedangkan pada lokasi 2 memiliki kecepatan arus yang kurang stabil atau lebih berfluktuatif dengan kecepatan rata-rata mampu mencapai 0,5 m/s. dengan mempertimbangkan kecepatan yang dihasilkan dan kestabilan arus yang terjadi dari masing-masing lokasi maka lokasi yang berpotensi untuk di pasang tubin PLT arus laut adalah lokasi 1.

5.2 Saran

Saran Pada hasil analisis ini adalah sebagai berikut.

1. Metode VAR (*Vector Autoregressive*) adalah metode peramalan jangka pendek sehingga hanya mampu meramalkan beberapa periode kedepan tidak bisa digunakan untuk penentu data ramalan dengan jangka waktu yang lebih

lama karena hasil ramalannya akan cenderung konstant sehingga di sarankan pada penelitian selanjutnya menggunakan metode ramalan jangka panjang agar mampu menangkap potensi kecepatan arus dalam jangka waktu yang lebih pajang.

2. Pembangkitan turbin *vertical axis* tipe *Gorlov* dengan *cutting speed* 0,5 m/s sebaiknya di bangkitkan pada Lokasi 1 dengan pertimbangan kecepatan arus yang terjadi pada lokasi 1 lebih stabil dan sebaiknya di pasang pada jarak 19 m dari dasar laut karena peluang terjadinya kecepatan arus di atas 0,5 m/s lebih tinggi dari jarak lainnya sehingga peluang turbin akan berputar pada lokasi tersebut tinggi dan akan berbanding lurus dengan banyaknya daya listrik yang di dihasilkan, namun efesiensi peluang perputaran turbin dengan *cutting speed* 0,5 m/s tidak optimal di pasang pada lokasi ini karena berdasarkan hasil ramalan kecepatan arus rata-rata pada lokasi terpilih kurang dari 0,5 m/s sehingga sebaiknya dalam proyek Pembuatan Rancangan Desain (*Basic Design*) PLTAL di Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali dalam proyek SWK01 Kajian Hidro-Oseanografi Teluk Toyapakeh pada PLT Arus Laut sebaiknya merancang ulang *Cutting speed* dari model turbin yang akan diterapkan pada selat Toyapakeh yakni kurang dari 0,5 m/s.

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, E., A. Colling., D. Park., J. Philips., D. Rothery., dan J. Wright. 2004. *Ocean Circulation*. The Open University, London.,286 hlm.
- Box GEP, Jenkins GM, Reinsel GC. 2008. *Time Series Analysis, Forecasting and Control*, 4 edition.. Jhon Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey
- DESDM. 2005. Diversifikasi Energi. "*Energi Kelautan sebagai Alternatif Baru*". DESDM(disampaikan pada Seminar PembangunanEkonomi Kemaritiman 15 Maret 2005),Jakarta.
- Erwandi. 2010, Diakses 16 januari 2017 dari <https://pltal.wordpress.com/category/uncategorized/>
- Fraenkel, P.,1999, *Power from Marine Currents*, Marine Currents Turbines Ltd.
- Fraenkel. 2002. Marine currents. *Journal Power and Energy*, vol. 216 A.
- Gross, M. 1990. *Oceanography sixth edition*. New Jersey: Prentice-Hall.Inc.
- Hannan, E. J. 1970, *Multiple Time Series*. Autralia : Jhon Wiley and Sons, Inc., University Canberra.
- Pond, S dan G.L Pickard. 1983. *Introductory dynamical Oceanography. Second edition*. Pergamon Press. New York
- Shapiro and Wilk. 1965. *An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples)*. JSTOR<http://www.jstor.org/stable/2333709>
- Tsay, R.S. 2014. *Analysis of Financial Time Series : Financial Econometrics*. Jhon Wiley & Sons, Inc., University of Chicago, USA.
- Tiao, G. C., & Box, G. E. 1981. Modeling Multiple Times Series With Applications. *Jurnal of the American Statistical Association*, 76, 802-816.

- Walpole, Ronald E. 1995. *Pengantar Metode Statistika*. Ahli Bahasa: Ir. Bambang. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Wei WWS. 2006. *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods (second Edition)*. Pearson Education, Inc., USA.
- Wyrski, K., 1961. Physical oceanography of the Southeast Asian water. In NAGA Report Vol. 2, Scientific Result of Marine Investigation of the South China Sea and Gulf of Thailand 1959-1961, *Scripps Institution of Oceanography, La Jolla*, California, 195 pp.
- Yuningsih, A. dr., 2010, Penelitian Potensi Energi Arus Laut sebagai Pembangkit Energi baru Terbarukan di Selat Pantar – Nusa Tenggara Timur, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (laporan internal).

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Kecepatan Arus Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali

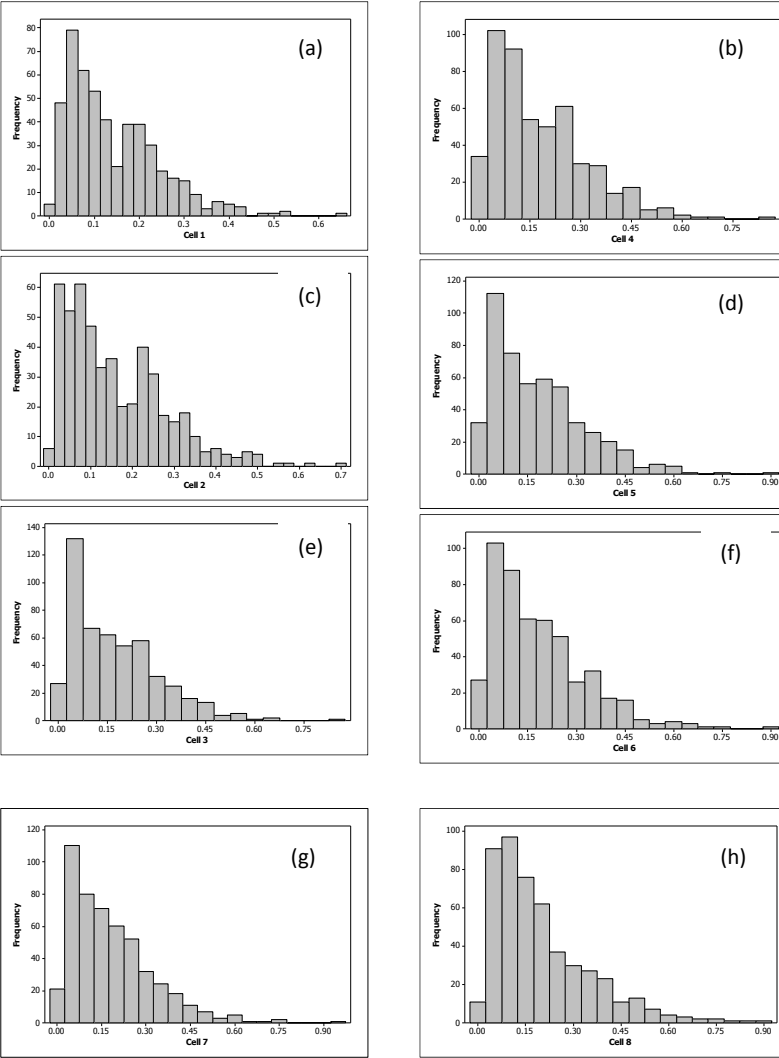
a) Lokasi 1

Mon th	Day	Hou r	samp el	Ce ll 1	Ce ll 2	Ce ll 3	Ce ll 4	Ce ll 5	Ce ll 6	Ce ll 7	Ce ll 8	Ce ll 9	Ce ll 10
8	12	15	1	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,7	0,6	0,5
8	12	16	2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,4	0,3
8	12	17	3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2
8	12	18	4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2
8	12	19	5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
8	12	20	6	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
8	12	21	7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
8	12	22	8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
8	12	23	9	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1
8	13	0	10	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
8	13	1	11	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
8	13	2	12	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3
8	13	3	13	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
...
9	1	18	482	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3
9	1	19	483	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5
9	1	20	484	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4
9	1	21	485	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,4	0,4
9	1	22	486	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4
9	1	23	487	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
9	2	0	488	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
9	2	1	489	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
9	2	2	490	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1
9	2	3	491	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
9	2	4	492	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5
9	2	5	493	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3
9	2	6	494	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1
9	2	7	495	0,2	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4
9	2	8	496	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1
9	2	9	497	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,8	0,5
9	2	10	498	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3
9	2	11	499	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2

b) Lokasi 2

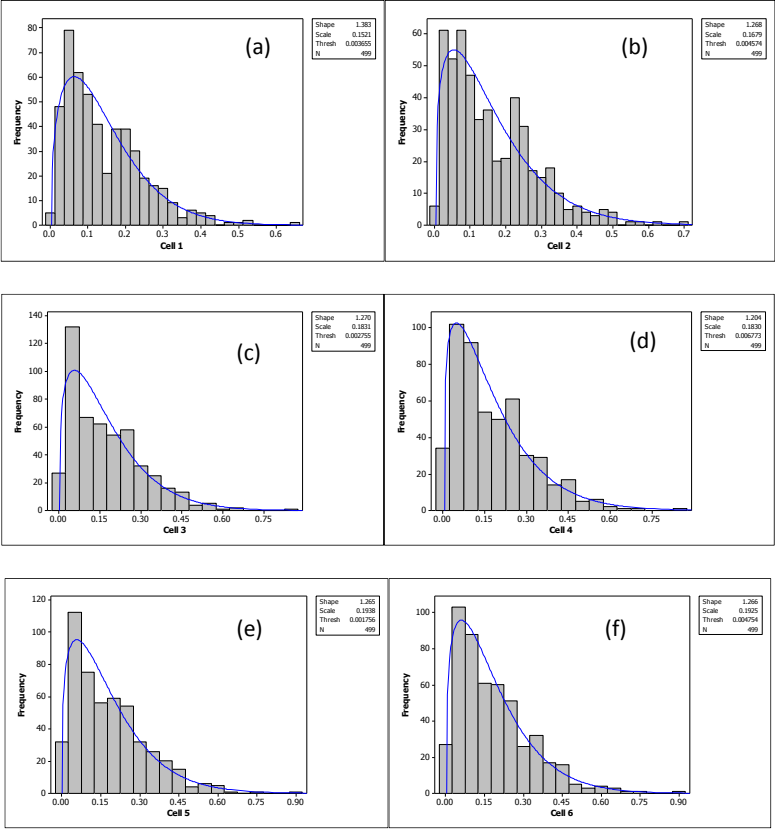
Mo nth	Da y	Ho ur	sam pel	Cell 1	Cell 2	Cell 3	Cell 4	Cell 5	...	Cell 12	Cell 13	Cell 14	Cell 15
8	12	15	1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	...	0,3	0,3	0,3	0,0
8	12	16	2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	...	0,6	0,4	0,4	0,4
8	12	17	3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	...	0,1	0,3	0,2	0,2
8	12	18	4	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	...	0,0	0,1	0,1	0,1
8	12	19	5	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	...	0,3	0,2	0,2	0,2
8	12	20	6	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	...	0,2	0,2	0,2	0,1
8	12	21	7	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	...	0,1	0,1	0,1	0,1
8	12	22	8	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	...	0,1	0,2	0,1	0,2
8	12	23	9	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	...	0,3	0,3	0,4	0,2
8	13	0	10	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	...	0,1	0,2	0,2	0,2
8	13	1	11	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	...	0,8	0,8	0,9	1,0
8	13	2	12	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0	...	1,2	1,2	1,2	1,3
8	13	3	13	0,2	0,0	0,1	0,1	0,2	...	0,9	0,8	0,5	0,5
...
9	1	19	483	1,2	1,3	1,3	1,2	1,1	...	2,0	2,0	2,2	2,1
9	1	20	484	1,0	0,9	0,8	0,8	1,0	...	1,9	1,9	1,9	1,9
9	1	21	485	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	...	0,5	0,3	0,3	0,3
9	1	22	486	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	...	0,1	0,2	0,2	0,2
9	1	23	487	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7	...	0,6	0,6	0,7	0,6
9	2	0	488	0,3	0,5	0,5	0,5	0,6	...	0,4	0,4	0,4	0,5
9	2	1	489	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4	...	0,3	0,2	0,5	0,5
9	2	2	490	0,1	0,2	0,3	0,3	0,5	...	0,6	0,5	0,5	0,6
9	2	3	491	0,4	0,4	0,5	0,6	0,5	...	0,8	0,8	0,8	0,7
9	2	4	492	0,3	0,5	0,6	0,8	0,8	...	0,6	0,6	0,8	0,9
9	2	5	493	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	...	0,1	0,2	0,4	0,4
9	2	6	494	0,4	0,5	0,6	0,8	0,8	...	1,0	0,9	1,2	1,1
9	2	7	495	1,5	1,5	1,6	1,8	1,8	...	2,3	2,3	2,2	2,2
9	2	8	496	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4	...	2,1	2,2	2,2	2,1
9	2	9	497	1,1	1,3	1,1	1,0	1,0	...	1,4	1,4	1,5	1,1
9	2	10	498	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	...	0,2	0,2	0,2	0,3
9	2	11	499	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	...	0,1	0,1	0,3	0,2

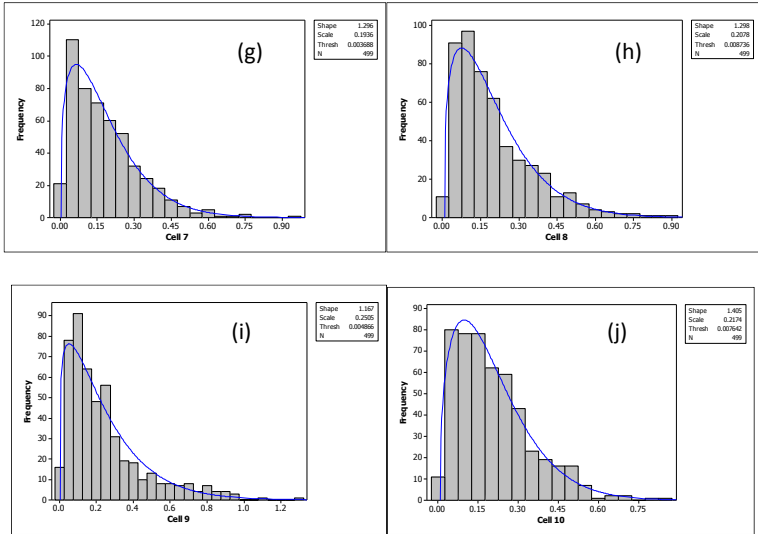
Lampiran 2. *Histogram* pola arus pada Lokasi 1



Keterangan :(a) jarak 3 m (b) jarak 5 m (c) jarak 7 m (d) jarak 9 m (e) jarak 11 m (f) jarak 13 m (g) jarak 15 m (h) jarak 17 (i) jarak 19 m (j) jarak 21 m

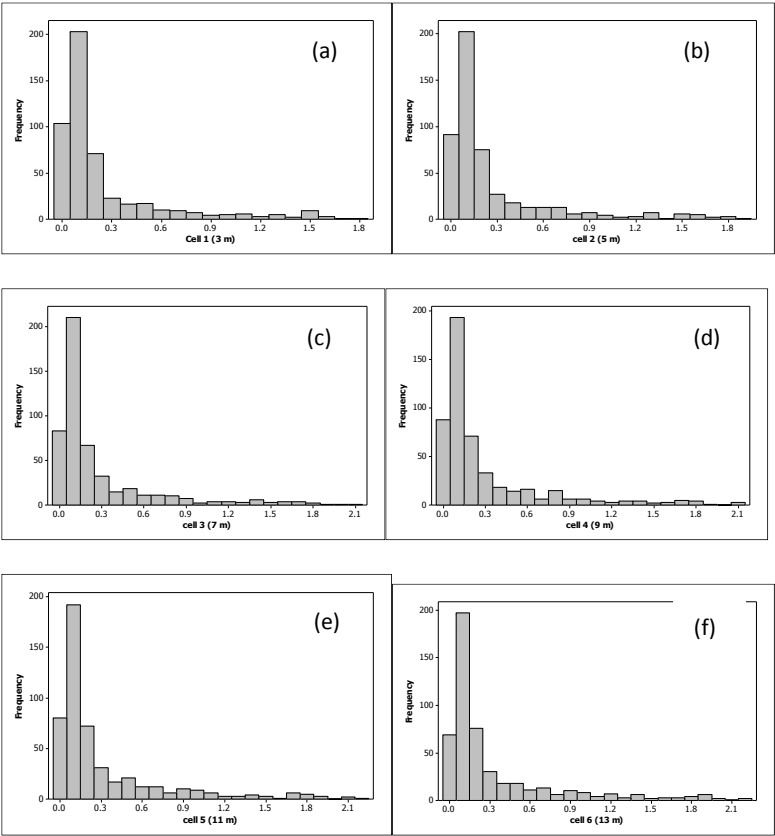
Lampiran 3. Perbandingan Sebaran Data Aktual Kecepatan Arus di Masing-Masing Jarak di Lokasi 1 dengan Grafik Berdistribusi *Weibull*

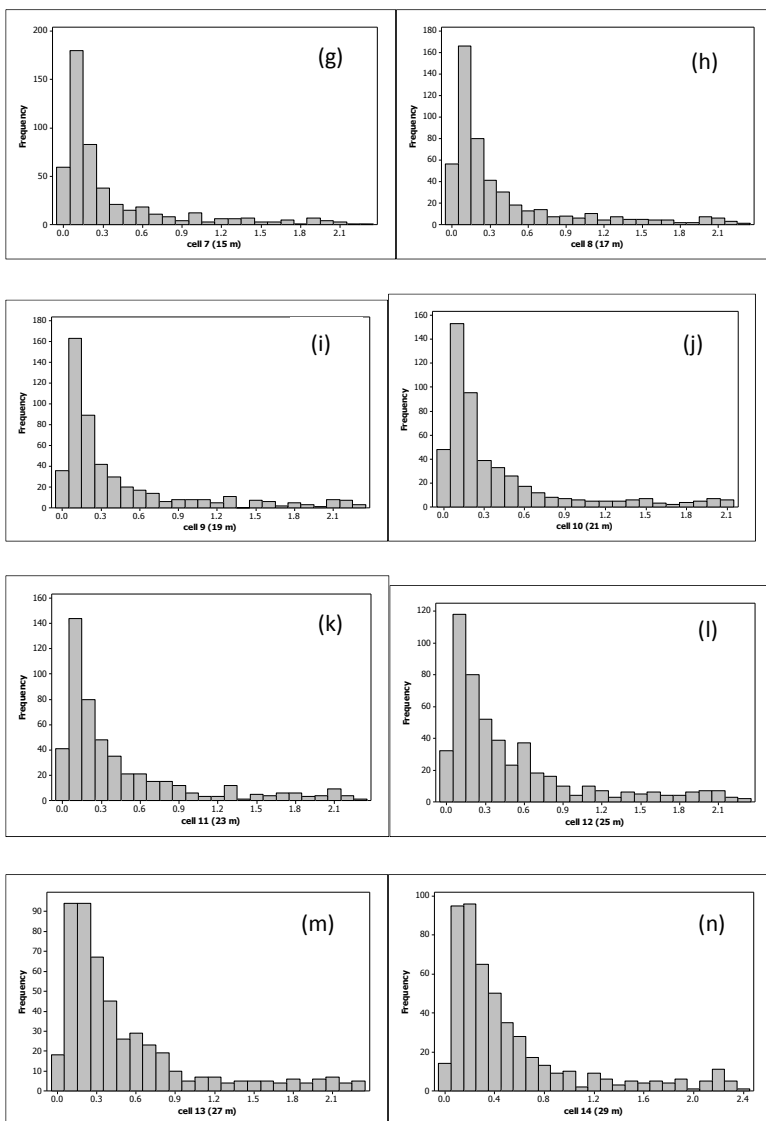


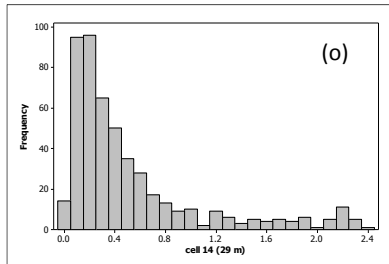


Keterangan : (a) Jarak 3 meter (b) Jarak 5 meter (c) Jarak 7 meter
 (d) Jarak 9 meter (e) Jarak 11 meter (f) Jarak 13 meter
 (g) Jarak 15 meter (h) Jarak 17meter (i) Jarak 19 meter
 (j) Jarak 21 meter

Lampiran 4. Histogram Sebaran Data Kecepatan Arus di Masing-Masing Jarak di Lokasi 2

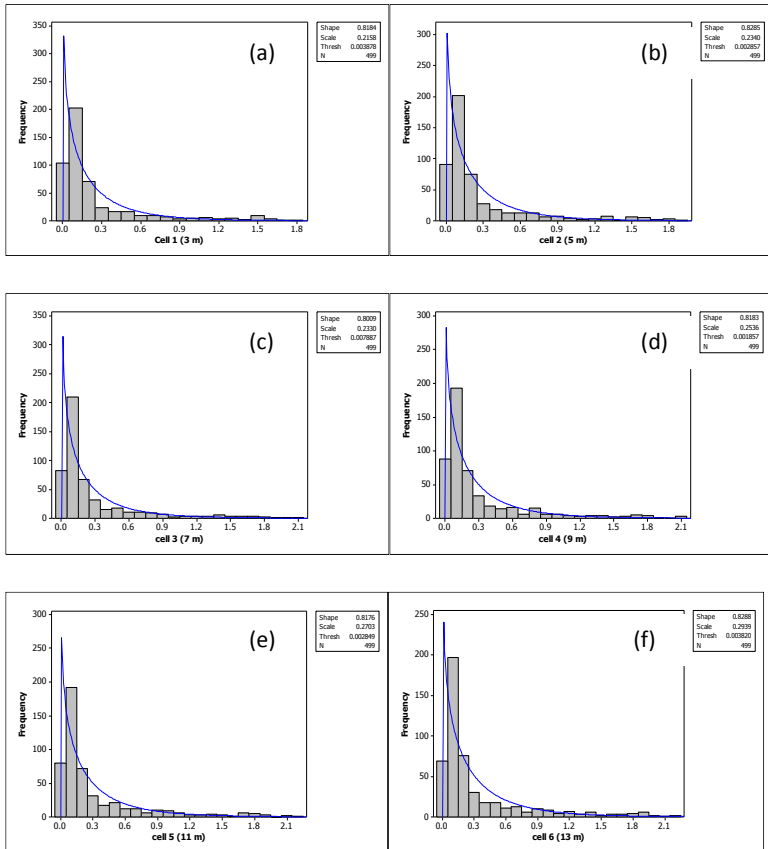


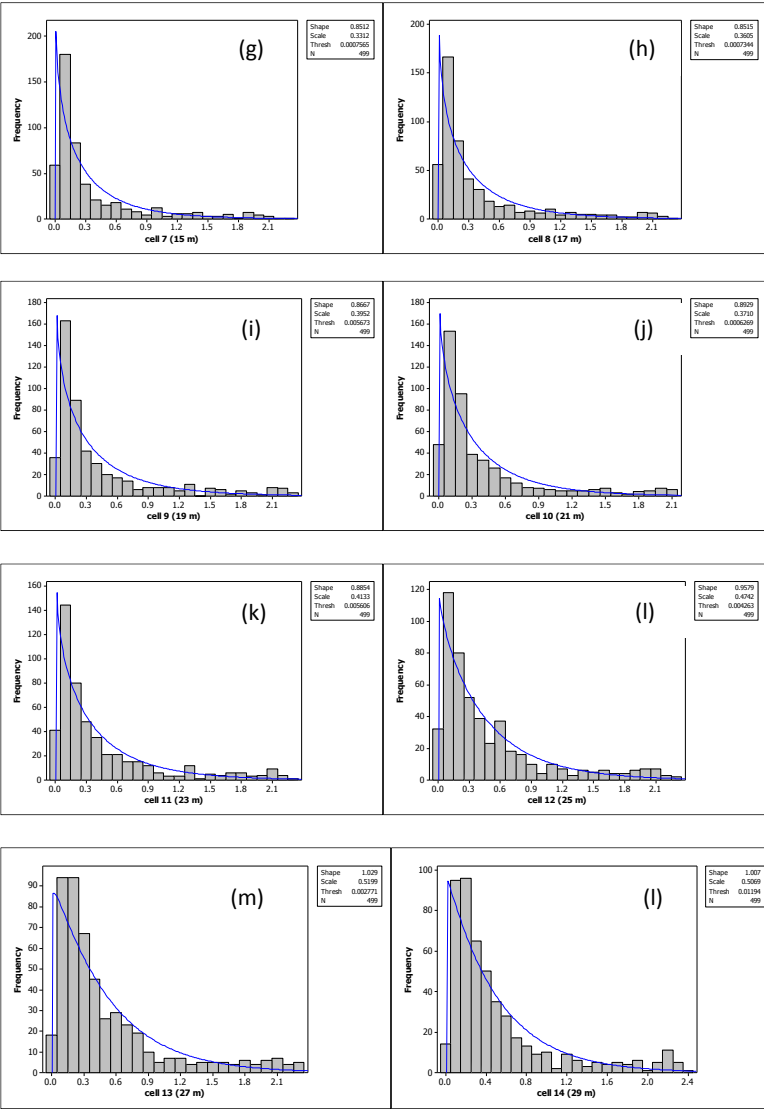




Keterangan: (a) Jarak 3 m (b) Jarak 5 m (c) Jarak 7 m (d) Jarak 9 m (e) Jarak 11 m (f) Jarak 13 m (g) Jarak 15 m (h) Jarak 17 (i) Jarak 19 m (j) Jarak 21 m (k) Jarak 23 m (l) Jarak 25 m (m) Jarak 27 m (n) Jarak 29 m (o) Jarak 31 m

Lampiran 5. Perbandingan Sebaran Data Aktual Kecepatan Arus di Masing-Masing Jarak di Lokasi 2 dengan Grafik Berdistribusi *Weibull*





S

(l)

Keterangan : (a) Jarak 3 m (b) Jarak 5 m (c) Jarak 7 m (d) Jarak 9 m (e) Jarak 11 m (f) Jarak 13 m (g) Jarak 15 m (h) Jarak 17 (i) Jarak 19 m (j) Jarak 21 m (k) Jarak 23 m (l) Jarak 25 m (m) Jarak 27 m (n) Jarak 29 m (o) Jarak 31 m

Lampiran 6. *Syntax* Awal Data Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali

```
data Arus;
    input lokasi1 lokasi2;
datalines;
0.571    0.278
0.382    0.389
0.113    0.258
0.111    0.111
0.059    0.249
0.04     0.192
0.093    0.073
0.133    0.169
0.063    0.278
.
.
.
0.234    0.528
0.063    0.737
0.057    0.223
0.216    0.643
0.248    1.503
0.332    1.644
0.401    0.349
0.163    0.232
0.077    0.106
0.005    0.319
0.075    0.13
0.02     0.127
0.034    0.274
0.069    0.638
0.164    0.634
0.13     0.311
0.047    1.101
0.184    1.854
0.019    1.652
0.144    1.171
0.161    0.336
0.535    0.205
;
proc varmax data=Arus lagmax = 36 printall;
    model lokasi1-lokasi2 /p=(1) minic = (p=36);
    print= (corry pcorr);
run;
```

Lampiran 7. *Output Syntax* Awal Data Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali

Schematic Representation of Cross Correlations																										
Variable/ Lag	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
lokasi1	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+	..	+	+	+	++	++	++	++	++	++	++	++	++
lokasi2	..	+	+	+	+	+	+	+	+	..	..	+	+	+	+	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Variable/ Lag	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	
lokasi1	+	+	+	+	++	+	++	+	++	..	..	..	..	..	..	..	+	+	++	++	++	++	++	++	+	..
lokasi2	..	+	+	+	+	+	+	+	+	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Variable/ Lag	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60															
lokasi1	+	+	+	..	+	+	..	+	+	+	..															
lokasi2	..	+	..	..	..	..	..	..	..	..	..						
+ is > 2*std error, - is < -2*std error, . is between																										
Minimum Information Criterion																										
Lag	MA 0	MA 1	MA 2	MA 3	MA 4	MA 5																				
AR 0	-3.335652	-3.601929	-3.665763	-3.665322	-3.662015	-3.662034																				
AR 1	-5.135615	-5.218038	-5.346979	-5.460289	-5.455421	-5.450237																				
AR 2	-5.275443	-5.326955	-5.496718	-5.489325	-5.476451	-5.466407																				
AR 3	-5.300378	-5.436559	-5.496754	-5.48068	-5.480735	-5.466962																				
AR 4	-5.307354	-5.444881	-5.487663	-5.482959	-5.480414	-5.469088																				
AR 5	-5.329293	-5.446094	-5.490959	-5.477594	-5.47016	-5.461483																				
AR 6	-5.328305	-5.433854	-5.491143	-5.482797	-5.467825	-5.452713																				
AR 7	-5.341778	-5.432262	-5.510006	-5.500396	-5.490632	-5.485793																				
AR 8	-5.400297	-5.516234	-5.602606	-5.593005	-5.578163	-5.57986																				
AR 9	-5.392836	-5.514369	-5.600706	-5.588757	-5.577119	-5.578712																				
AR 10	-5.425305	-5.528831	-5.598839	-5.581415	-5.580585	-5.580973																				
AR 11	-5.52931	-5.509015	-5.578771	-5.561198	-5.560228	-5.560758																				
AR 12	-5.600734	-5.580191	-5.559447	-5.541642	-5.540989	-5.541081																				
AR 13	-5.580563	-5.559766	-5.538764	-5.517555	-5.516395	-5.516467																				
AR 14	-5.576157	-5.5551	-5.533835	-5.512359	-5.490667	-5.490561																				
AR 15	-5.571821	-5.5505	-5.528966	-5.507216	-5.485246	-5.463054																				
AR 16	-5.562977	-5.541385	-5.519576	-5.497546	-5.475293	-5.452813																				
AR 17	-5.569182	-5.547314	-5.525224	-5.502909	-5.480366	-5.457592																				
AR 18	-5.5739	-5.551749	-5.529373	-5.506767	-5.483928	-5.460852																				
AR 19	-5.554738	-5.532299	-5.50963	-5.486726	-5.463584	-5.440201																				
AR 20	-5.539581	-5.516848	-5.493879	-5.470671	-5.447219	-5.423522																				
AR 21	-5.530818	-5.507784	-5.484509	-5.46099	-5.437223	-5.413203																				
AR 22	-5.518813	-5.495471	-5.471883	-5.448046	-5.423955	-5.399606																				
AR 23	-5.560399	-5.536742	-5.512835	-5.488672	-5.46425	-5.439565																				
AR 24	-5.638025	-5.614047	-5.589812	-5.565317	-5.540556	-5.515527																				
AR 25	-5.632885	-5.608577	-5.584008	-5.559172	-5.534066	-5.508684																				
AR 26	-5.604486	-5.579842	-5.55493	-5.529746	-5.504285	-5.478543																				
AR 27	-5.609033	-5.584045	-5.558783	-5.533242	-5.507419	-5.481307																				
AR 28	-5.591178	-5.565837	-5.540216	-5.514311	-5.488116	-5.461627																				

Lampiran 8. *Syntax Diffrencing* Data Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali

```

data Arus;
    input lokasi1 lokasi2;
datalines;
0.571    0.278
0.382    0.389
0.113    0.258
0.111    0.111
0.059    0.249
0.04     0.192
0.093    0.073
0.133    0.169
0.063    0.278
.
.
.
0.234    0.528
0.063    0.737
0.057    0.223
0.216    0.643
0.248    1.503
0.332    1.644
0.401    0.349
0.163    0.232
0.077    0.106
0.005    0.319
0.075    0.13
0.02     0.127
0.034    0.274
0.069    0.638
0.164    0.634
0.13     0.311
0.047    1.101
0.184    1.854
0.019    1.652
0.144    1.171
0.161    0.336
0.535    0.205
;
proc varmax data=Arus lagmax = 60 printall;
    model lokasi1-lokasi2 /p=(1) dify=(1) minic = (p=60);
    print= (corry pcorr);
run;

```

Lampiran 9. *Output Syntax Diffrencing* Data Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali

Schematic Representation of Cross Correlations																									
Variable/ Lag	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
lokasi1	+
lokasi2	+	+
+ is > 2*std error, - is < -2*std error, . is between																									
Schematic Representation of Cross Correlations																									
Variable/ Lag	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
lokasi1
lokasi2	+
+ is > 2*std error, - is < -2*std error, . is between																									
Schematic Representation of Partial Cross Correlations																									
Variable/ Lag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
lokasi1
lokasi2	+
+ is > 2*std error, - is < -2*std error, . is between																									
Schematic Representation of Partial Cross Correlations																									
Variable/ Lag	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
lokasi1
lokasi2
+ is > 2*std error, - is < -2*std error, . is between																									

Lampiran 10. *Syntax* Model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0) Data Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali

```
data Arus;
    input lokasi1 lokasi2;
datalines;
0.571    0.278
0.382    0.389
0.113    0.258
0.111    0.111
0.059    0.249
0.04     0.192
0.093    0.073
0.133    0.169
0.063    0.278
.
.
.
0.234    0.528
0.063    0.737
0.057    0.223
0.216    0.643
0.248    1.503
0.332    1.644
0.401    0.349
0.163    0.232
0.077    0.106
0.005    0.319
0.075    0.13
0.02     0.127
0.034    0.274
0.069    0.638
0.164    0.634
0.13     0.311
0.047    1.101
0.184    1.854
0.019    1.652
0.144    1.171
0.161    0.336
0.535    0.205
;
proc varmax data=Arus lagmax = 36 printall;
    model lokasi1-lokasi2 /p=(1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24) dify=(1) minic = (p=36) noint
    noint print= (corr pcorr);
run;
```

Lampiran 11. *Syntax Restrict* dari Model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],1,0) Data Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali

```
data Arus;
    input lokasi1 lokasi2;
datalines;
0.571    0.278
0.382    0.389
0.113    0.258
0.111    0.111
0.059    0.249
0.04     0.192
0.093    0.073
0.133    0.169
0.063    0.278
.
.
.
0.401    0.349
0.163    0.232
0.077    0.106
0.005    0.319
0.075    0.13
0.02     0.127
0.034    0.274
0.069    0.638
0.164    0.634
0.13     0.311
0.047    1.101
0.184    1.854
0.019    1.652
0.144    1.171
0.161    0.336
0.535    0.205
;
proc varmax data=Arus lagmax = 36 printall;
    model lokasi1-lokasi2 /p=(1,2,3,4,5,6,7) dify=(1) minic = (p=36) noint;
restrict
AR(1,1,2)=0, AR(2,1,2)=0, AR(3,1,2)=0, AR(4,1,2)=0, AR(8,1,1)=0, AR(8,1,2)=0, AR(9,1,1)=0,
AR(10,1,1)=0, AR(10,1,2)=0, AR(11,1,1)=0, AR(11,1,2)=0, AR(24,1,1)=0, AR(24,1,2)=0,
AR(1,2,1)=0, AR(2,2,1)=0, AR(3,2,1)=0, AR(4,2,1)=0, AR(5,2,1)=0, AR(6,2,1)=0, AR(7,2,1)=0,
AR(8,2,1)=0, AR(9,2,1)=0, AR(10,2,1)=0, AR(11,2,1)=0, AR(24,2,1)=0;
output lead=24 out=hasil;
run;
```

Lampiran 12. *Parameter Estimates* dari Model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],0,1) Data Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali

Lokasi	Parameter	Estimasi	Standard Error	t-value	P-value	Variabel
Lokasi I ($Y_{1,t}$)	ϕ_{11}^1	-0,56139	0,0477	-11,77	0,0001	($Y_{1,t-1}$)
	ϕ_{12}^1	0,01240	0,02287	0,54	0,5880	($Y_{1,t-1}$)
	ϕ_{11}^2	-0,39695	0,05489	-7,27	0,0001	($Y_{1,t-2}$)
	ϕ_{12}^2	0,02548	0,02253	1,13	0,2587	($Y_{1,t-2}$)
	ϕ_{11}^3	-0,40829	0,05750	-7,10	0,0001	($Y_{1,t-3}$)
	ϕ_{12}^3	0,03972	0,02448	1,62	0,1054	($Y_{1,t-3}$)
	ϕ_{11}^4	-0,31743	0,05995	-5,30	0,0001	($Y_{1,t-4}$)
	ϕ_{12}^4	-0,02122	0,02527	0,84	0,4015	($Y_{1,t-4}$)
	ϕ_{11}^5	-0,32193	0,06032	-5,34	0,0001	($Y_{1,t-5}$)
	ϕ_{12}^5	0,05151	0,02526	2,04	0,0420	($Y_{2,t-5}$)
	ϕ_{11}^6	-0,2877	0,05960	-4,83	0,0001	($Y_{1,t-6}$)
	ϕ_{12}^6	0,06091	0,02496	2,44	0,0151	($Y_{2,t-6}$)
	ϕ_{11}^7	-0,17143	0,05866	-2,92	0,0037	($Y_{1,t-7}$)
	ϕ_{12}^7	0,08808	0,02549	3,46	0,0006	($Y_{2,t-7}$)
	ϕ_{11}^8	-0,09074	0,05653	-1,61	0,1092	($Y_{1,t-8}$)
	ϕ_{12}^8	0,01516	0,02571	0,59	0,5556	($Y_{2,t-8}$)
	ϕ_{11}^9	-0,02544	0,05389	-0,47	0,6371	($Y_{2,t-9}$)
	ϕ_{12}^9	0,05654	0,02502	2,26	0,0243	($Y_{2,t-9}$)
	ϕ_{11}^{10}	-0,01933	0,05121	-0,38	0,7060	($Y_{2,t-10}$)
	ϕ_{12}^{10}	-0,00564	0,02352	-0,24	0,8107	($Y_{2,t-10}$)
	ϕ_{11}^{11}	-0,05662	0,04535	-1,25	0,2125	($Y_{2,t-11}$)
	ϕ_{12}^{11}	0,00401	0,02335	0,17	0,8637	($Y_{2,t-11}$)
	ϕ_{11}^{24}	0,05958	0,03980	1,50	0,1351	($Y_{2,t-24}$)
	ϕ_{12}^{24}	-0,00818	0,02162	-0,38	0,7052	($Y_{2,t-24}$)

Lanjutan

Lokasi	Parameter	Estimasi	Standard Error	t-value	P-value	Variabel
Lokasi2 ($Y_{2,t}$)	ϕ_{21}^1	0,00862	0,09473	0,09	0,9275	($Y_{2,t-1}$)
	ϕ_{22}^1	-0,23756	0,04541	-5,23	0,0001	($Y_{2,t-1}$)
	ϕ_{21}^2	0,06985	0,10900	0,64	0,5220	($Y_{2,t-2}$)
	ϕ_{22}^2	-0,55287	0,04475	-12,35	0,0001	($Y_{2,t-2}$)
	ϕ_{21}^3	0,15086	0,11419	1,32	0,1871	($Y_{2,t-3}$)
	ϕ_{22}^3	-0,43181	0,04861	-8,88	0,0001	($Y_{2,t-3}$)
	ϕ_{21}^4	0,18196	0,11904	1,53	0,1271	($Y_{2,t-4}$)
	ϕ_{22}^4	-0,47687	0,05019	-9,50	0,0001	($Y_{2,t-4}$)
	ϕ_{21}^5	-0,00059	0,11978	-0,00	0,9960	($Y_{2,t-5}$)
	ϕ_{22}^5	-0,43050	0,05016	-8,58	0,0001	($Y_{2,t-5}$)
	ϕ_{21}^6	-0,00968	0,11836	-0,00	0,9960	($Y_{2,t-6}$)
	ϕ_{22}^6	-0,45893	0,04957	-9,26	0,0001	($Y_{2,t-6}$)
	ϕ_{21}^7	0,02504	0,11649	0,21	0,8299	($Y_{2,t-7}$)
	ϕ_{22}^7	-0,49760	0,05062	-9,83	0,0001	($Y_{2,t-7}$)
	ϕ_{21}^8	-0,01623	0,11226	-0,14	0,8851	($Y_{2,t-8}$)
	ϕ_{22}^8	-0,39234	0,05105	-7,69	0,0001	($Y_{2,t-8}$)
	ϕ_{21}^9	-0,00685	0,10701	-0,06	0,9490	($Y_{2,t-9}$)
	ϕ_{22}^9	-0,45384	0,04968	-9,14	0,0001	($Y_{2,t-9}$)
	ϕ_{21}^{10}	-0,01768	0,10169	-0,17	0,8620	($Y_{2,t-10}$)
	ϕ_{22}^{10}	-0,35803	0,04670	-7,67	0,0001	($Y_{2,t-10}$)
	ϕ_{21}^{11}	0,12751	0,09005	1,42	0,1575	($Y_{2,t-11}$)
	ϕ_{22}^{11}	-0,32955	0,04637	-7,11	0,0001	($Y_{2,t-11}$)
	ϕ_{21}^{24}	0,11520	0,07903	1,46	0,1456	($Y_{2,t-24}$)
	ϕ_{22}^{24}	0,14914	0,04293	3,47	0,0006	($Y_{2,t-24}$)

Lampiran 13. *Output Model Parameter Estimates* dari Model VAR([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24],0,1) setelah di Restrict Data Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali

Model Parameter Estimates						
Equation	Parameter	Estimate	Std Error	T Ratio	Prob>|T|	Variable
lokasi1	AR1_1_1	-0.54395	0.04591	-11.85	0.0001	lokasi1(t-1)
	AR1_1_2	0	0	-	-	lokasi2(t-1)
	AR2_1_1	-0.37150	0.05094	-7.29	0.0001	lokasi1(t-2)
	AR2_1_2	0	0	-	-	lokasi2(t-2)
	AR3_1_1	-0.38521	0.05150	-7.48	0.0001	lokasi1(t-3)
	AR3_1_2	0	0	-	-	lokasi2(t-3)
	AR4_1_1	-0.30126	0.05157	-5.84	0.0001	lokasi1(t-4)
	AR4_1_2	0	0	-	-	lokasi2(t-4)
	AR5_1_1	-0.29270	0.05008	-5.84	0.0001	lokasi1(t-5)
	AR5_1_2	0.03457	0.01927	1.79	0.0736	lokasi2(t-5)
	AR6_1_1	-0.25656	0.04927	-5.21	0.0001	lokasi1(t-6)
	AR6_1_2	0.04784	0.01852	2.58	0.0101	lokasi2(t-6)
	AR7_1_1	-0.12569	0.04483	-2.80	0.0053	lokasi1(t-7)
	AR7_1_2	0.07605	0.02028	3.75	0.0002	lokasi2(t-7)
	AR8_1_1	0	0	-	-	lokasi1(t-8)
	AR8_1_2	0	0	-	-	lokasi2(t-8)
	AR9_1_1	0	0	-	-	lokasi1(t-9)
	AR9_1_2	0.04236	0.01982	2.14	0.0332	lokasi2(t-9)
	AR10_1_1	0	0	-	-	lokasi1(t-10)
	AR10_1_2	0	0	-	-	lokasi2(t-10)
	AR11_1_1	0	0	-	-	lokasi1(t-11)
	AR11_1_2	0	0	-	-	lokasi2(t-11)
	AR24_1_1	0	0	-	-	lokasi1(t-24)
	AR24_1_2	0	0	-	-	lokasi2(t-24)
lokasi2	AR1_2_1	0	0	-	-	lokasi1(t-1)
	AR1_2_2	-0.23525	0.04504	-5.22	0.0001	lokasi2(t-1)
	AR2_2_1	0	0	-	-	lokasi1(t-2)
	AR2_2_2	-0.55359	0.04417	-12.53	0.0001	lokasi2(t-2)
	AR3_2_1	0	0	-	-	lokasi1(t-3)
	AR3_2_2	-0.43247	0.04789	-9.03	0.0001	lokasi2(t-3)
	AR4_2_1	0	0	-	-	lokasi1(t-4)
	AR4_2_2	-0.46590	0.04911	-9.49	0.0001	lokasi2(t-4)
	AR5_2_1	0	0	-	-	lokasi1(t-5)
	AR5_2_2	-0.42200	0.04884	-8.64	0.0001	lokasi2(t-5)
	AR6_2_1	0	0	-	-	lokasi1(t-6)
	AR6_2_2	-0.44638	0.04805	-9.29	0.0001	lokasi2(t-6)
	AR7_2_1	0	0	-	-	lokasi1(t-7)
	AR7_2_2	-0.48891	0.04882	-10.01	0.0001	lokasi2(t-7)
	AR8_2_1	0	0	-	-	lokasi1(t-8)
	AR8_2_2	-0.38219	0.04871	-7.85	0.0001	lokasi2(t-8)
	AR9_2_1	0	0	-	-	lokasi1(t-9)
	AR9_2_2	-0.43986	0.04777	-9.21	0.0001	lokasi2(t-9)
	AR10_2_1	0	0	-	-	lokasi1(t-10)
	AR10_2_2	-0.34976	0.04505	-7.76	0.0001	lokasi2(t-10)
	AR11_2_1	0	0	-	-	lokasi1(t-11)
	AR11_2_2	-0.32303	0.04498	-7.18	0.0001	lokasi2(t-11)
	AR24_2_1	0	0	-	-	lokasi1(t-24)
	AR24_2_2	0.14611	0.04230	3.45	0.0006	lokasi2(t-24)

Lampiran 14. *Syntax* dari Model VAR(1) untuk Residual Data Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali

```

data Arus;
    input lokasi1 lokasi2;
    datalines;
0.571    0.278
0.382    0.389
0.113    0.258
0.111    0.111
0.059    0.249
0.04     0.192
0.093    0.073
0.133    0.169
0.063    0.278
.
.
.
0.401    0.349
0.163    0.232
0.077    0.106
0.005    0.319
0.075    0.13
0.02     0.127
0.034    0.274
0.069    0.638
0.164    0.634
0.13     0.311
0.047    1.101
0.184    1.854
0.019    1.652
0.144    1.171
0.161    0.336
0.535    0.205
.
;
proc varmax data=Arus lagmax = 60 printall;
    model lokasi1-lokasi2 /p=(1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,24) dify=(1) minic = (p=24) noint;
restrict
AR(1,1,2)=0, AR(2,1,2)=0, AR(3,1,2)=0, AR(4,1,2)=0, AR(8,1,1)=0, AR(8,1,2)=0, AR(9,1,1)=0,
AR(10,1,1)=0, AR(10,1,2)=0, AR(11,1,1)=0, AR(11,1,2)=0, AR(24,1,1)=0, AR(24,1,2)=0,
AR(1,2,1)=0, AR(2,2,1)=0, AR(3,2,1)=0, AR(4,2,1)=0, AR(5,2,1)=0, AR(6,2,1)=0, AR(7,2,1)=0,
AR(8,2,1)=0, AR(9,2,1)=0, AR(10,2,1)=0, AR(11,2,1)=0, AR(24,2,1)=0;
output lead=24 out=hasil;
run;
proc varmax data=hasil;
model res1-res2 /p=1 minic=(p=24) noint;
run;

```

Lampiran 15. *Output Syntax* dari Model VAR(1) untuk Residual Data Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali

The SAS System		10:34 Monday, May 24, 2017 2174					
The VARMAX Procedure							
		Number of Observations		462			
		Number of Pairwise Missing		37			
Variable	Type	N	Mean	StdDev	Min	Max	Label
RES1	DEP	462	-0.0007641	0.17310	-0.50096	0.66986	Residuals for lokasi1
RES2	DEP	462	0.00607	0.34209	-1.40596	0.94488	Residuals for lokasi2
Minimum Information Criterion							
Lag		MA 0	MA 1	MA 2	MA 3	MA 4	MA 5
AR 0		-5.675346	-5.642233	-5.633481	-5.62503	-5.613629	-5.613549
AR 1		-5.657761	-5.638414	-5.626381	-5.610917	-5.597258	-5.59738
AR 2		-5.643522	-5.625946	-5.611182	-5.595738	-5.58218	-5.583835
AR 3		-5.630743	-5.610511	-5.595633	-5.584133	-5.582754	-5.579988
AR 4		-5.616264	-5.59776	-5.583963	-5.585275	-5.569069	-5.566588
AR 5		-5.61268	-5.598101	-5.585237	-5.580512	-5.564805	-5.55474
AR 6		-5.596586	-5.577913	-5.5649	-5.560016	-5.54368	-5.533247
AR 7		-5.588737	-5.569849	-5.560788	-5.546007	-5.529208	-5.518472
AR 8		-5.587352	-5.568246	-5.548963	-5.529501	-5.512196	-5.501049
AR 9		-5.571858	-5.552528	-5.533019	-5.513328	-5.493452	-5.481932
AR 10		-5.562314	-5.542758	-5.523018	-5.503092	-5.482978	-5.462673
AR 11		-5.551135	-5.531346	-5.511371	-5.491207	-5.47085	-5.450299
AR 12		-5.539255	-5.51923	-5.509015	-5.488607	-5.468003	-5.4472
AR 13		-5.511124	-5.490858	-5.470398	-5.449741	-5.428884	-5.407825
AR 14		-5.483031	-5.461458	-5.439808	-5.418287	-5.396783	-5.375042
AR 15		-5.454925	-5.433491	-5.411926	-5.390356	-5.368797	-5.347239
AR 16		-5.426807	-5.404067	-5.382842	-5.361407	-5.339762	-5.317901
AR 17		-5.401121	-5.38885	-5.367358	-5.345654	-5.323734	-5.301595
AR 18		-5.399611	-5.378062	-5.356299	-5.33432	-5.31212	-5.489696
AR 19		-5.393591	-5.371769	-5.349729	-5.327468	-5.304982	-5.482267
AR 20		-5.392642	-5.370542	-5.348219	-5.325671	-5.302892	-5.479881
AR 21		-5.382699	-5.360315	-5.337703	-5.31486	-5.491783	-5.468468
AR 22		-5.374747	-5.352071	-5.329164	-5.306021	-5.482639	-5.469014
AR 23		-5.371332	-5.348836	-5.325151	-5.301701	-5.478007	-5.454065
AR 24		-5.367209	-5.343933	-5.320415	-5.496652	-5.472639	-5.448373

Lampiran 16. *Forecast Output Syntax* dari Model VAR(7,1,0) setelah di *RestrictData* Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali

Forecasts					
Variable	Obs	Forecast	Standard Error	95% Confidence Limits	
lokasi1	488	0.2957	0.1776	-0.0524	0.6438
	489	0.3677	0.1952	-0.0149	0.7502
	490	0.3247	0.2065	-0.0802	0.7295
	491	0.2835	0.2108	-0.1297	0.6968
	492	0.2265	0.2155	-0.1960	0.6489
	493	0.2814	0.2188	-0.1474	0.7103
	494	0.2188	0.2227	-0.2178	0.6553
	495	0.2186	0.2307	-0.2336	0.6708
	496	0.2633	0.2408	-0.2087	0.7353
	497	0.2908	0.2492	-0.1976	0.7792
	498	0.3151	0.2561	-0.1869	0.8171
lokasi2	499	0.3361	0.2619	-0.1772	0.8493
	488	0.5632	0.3510	-0.1246	1.2511
	489	0.4310	0.4418	-0.4349	1.2970
	490	0.3766	0.4516	-0.5086	1.2617
	491	0.5425	0.4525	-0.3445	1.4294
	492	0.8628	0.4527	-0.0245	1.7501
	493	1.1773	0.4531	0.2893	2.0653
	494	1.5542	0.4533	0.6658	2.4426
	495	1.7291	0.4534	0.8403	2.6178
	496	1.5308	0.4536	0.6417	2.4199
	497	0.7606	0.4540	-0.1293	1.6505
	498	0.4216	0.4553	-0.4708	1.3140
	499	0.5151	0.4584	-0.3833	1.4134

Lampiran 17. Surat Keterangan Pengambilan Data



BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN METEOROLOGI MARITIM PERAK SURABAYA
Jalan Kalimas Baru 97 B | TGM : KASMAR SURABAYA | Telephone : (031) 3287123
Surabaya - 60165 | Email : meteomaritimby@yahoo.co.id | Telefax : (031) 3291439

SURAT KETERANGAN
ME.301/162a/MPrk-2017

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Eko Prasetyo, MT
NIP : 19730101 199703 100 1
Pangkat / Gol. : Pembina Tk. I / IV B
Jabatan : PMG Madya bidang Metocean BMKG Tanjung Perak Surabaya

Dengan Ini menerangkan

Nama : Cantik Dewi Purwati
Fakultas/Departemen : Vokasi / Statistika Bisnis
N.R.P : 1314 030 084
Akademi/Universitas : Institute Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya

Benar-benar telah Mengambil Data dari data hasil survei PPPGL untuk Pembuatan Rancangan Desain (*Basic Design*) PLTAL di Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali dalam proyek SWK01 Kajian Hidro-Oseanografi Teluk Toyapakeh pada PLT Arus Laut dalam rangka menyusun Tugas Akhir/Skripsi dengan judul.

"Analisis Potensi Pembangkit Pusat Listrik Tenaga Arus Laut di Selat Toyapakeh, Nusa Penida, Bali dengan Metode VAR (*Vector Autoregressive*)"

Demikian surat keterangan ini dibuat dan agar dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 4 Juli 2017



PMG Madya

Eko Prasetyo, MT
Pembina Tingkat I
NIP. 19730101 199703 100 1

Lampiran 18. Surat Keterangan Keaslian Data

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, mahasiswa Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS :

Nama : Cantik Dewi Purwati

NRP : 1314 030 084

Menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini merupakan data sekunder yang diambil dari Penelitian/~~Buku~~/Tugas Akhir/~~Thesis~~/~~Publikasi~~ *) yaitu


Sumber : Data hasil survei Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Laut untuk Pembuatan Rancangan Desain (*Basic Design*) PLTAL di Selat Toyapakeh Nusa Penida Bali dalam proyek SWK01 Kajian Hidro-Oseanografi Teluk Toyapakeh pada PLT Arus Laut

Keterangan : Data survei dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Laut dilaksanakan dari tanggal 12 Agustus 2015 sampai 8 September 2015, pada titik lokasi yang berbeda sebagai variabel penelitiannya, 2 Lokasi pengambilan arus pada titik 1 berada di 08° 40' 29.6" LS dan 115° 30' 53.6" BT pada jarak ± 24 meter. Sedangkan untuk titik 2 berada pada 08° 40' 25.2" LS dan 115° 29' 16.2" BT pada Jarak ±30 meter

Surat Pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya. Apabila terdapat pemalsuan data, maka saya siap menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

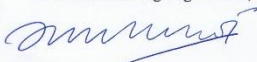
Surabaya, 05 Juli 2017

Yang Membuat Pernyataan,

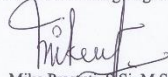

Cantik Dewi Purwati
NRP. 1314 030 084

Mengetahui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir,


Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si
NIP. 19660125 199002 1 001

Dosen Co Pembimbing Tugas Akhir


Mike Prastuti, S.Si, M.Si
NIP. 19910122 201504 2 002

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Cantik Dewi Purwati, Perempuan yang akrab dipanggil dengan Cantik ini lahir di kota Cirebon pada 02 April 1995. Dia seorang muslim dengan motto hidup “IF I CAN SEE IT, THAN I CAN DO IT” tekad kuat dan gigih dalam meraih semua keinginan cukup

tergambar dari bagaimana dia harus berjuang untuk dapat kuliah di kampus perjuangan ini yang harusnya dia kuliah pada tahun 2013 namun karena banyak hal yang menyebabkan dia baru mampu melanjutkan kuliah pada tahun 2014 melalui jalur Reguler Diploma 3 ITS dan di terima menjadi mahasiswa Diploma Statistika tahun 2014.

Sebelum memasuki dunia perkuliahan jenjang pendidikan formal yang ditempuhnya antara lain SD Negeri Kalipang (2001-2007), SMP Negeri 1 Sugio (2007-2010), SMA Negeri 1 Kedungpring (2010-2013) dan Statistika Bisnis ITS (2014-2017).

Ketertarikannya dalam berorganisasi menjadikannya selama berada di kampus telah aktif di berbagai kegiatan antara lain Wakil Devisi pengembangan anggota pada UKM Maritime Challenge, Koordinator Akomodasi dalam Indonesia Maritime Challenge tahun 2015, koordinator pengembangan anggota RPPSN Gugus Depan Surabaya 610 611, anggota aktif Teknokrat Muda Indonesia, selain itu penulis juga mengikuti berbagai pelatihan kepemimpinan antara lain LKMM Pra-TD dan TD, Pelatihan manajemen Organisasi V LMB ITS selain itu penulis juga telah menunjang keahlian dalam manajemen untuk menunjang keprofesiannya dengan sertifikasi ISO 9001:2015, penulis juga pernah mengikuti program *On Job Training* di Badan Teknologi Nuklir, Mampang kulingan Jakarta Selatan pada bagian Biro Sumber Daya dan Organisasi.

Email : Cantikdewipurwati@gmail.com